

305219

27 FEB. 1965

P. 27.649.-

RCA 53662

REHECHA II



27 FEB.



MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

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

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años



a nombre de RADIO CORPORATION OF AMERICA, entidad norteamericana, establecida en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"METODO PARA LA FABRICACION DE UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"



El presente invento trata de dispositivos semiconductores perfeccionados y de los métodos perfeccionados de fabricarlos.

Es cosa bien sabida que la salida de la energía y la ganancia de la energía de los dispositivos semiconductores tienen la  
5 tendencia a disminuir según va aumentándose la frecuencia de funcionamiento del dispositivo. Por esta razón, los dispositivos semiconductores de juntura, como los transistores de triodo por ejemplo, son limitados en cuanto a su salida de energía a frecuencias muy elevadas. Hasta la fecha ha sido dificultoso obtener tran  
10 sistores hasta de 2 vatios de salida a una frecuencia elevada como



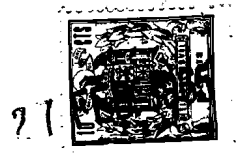
27

hasta de doscientos cincuenta megaciclos. Las unidades que se obtienen en la actualidad dentro de esta gama de frecuencia no tienen unas características eléctricas ni tan uniformes, ni tan susceptibles de ser reproducidas como se desearía, además de ser fabricadas individualmente, a medidas y pedidos especiales que son incompatibles con los métodos de producción en serie, mediante líneas de montaje. Por diversos motivos, como por ejemplo en la aplicación en la telemetría y en la comunicación mediante satélites, es preferible utilizar dispositivos semiconductores tales como transistores que estén provistos de una salida de energía de varios vatios, a frecuencias superiores de doscientos cincuenta megaciclos. Asimismo, es deseable que los dispositivos perfeccionados de alta energía a alta frecuencia sean fabricados mediante procedimientos que sean compatibles con los métodos de producción en serie por línea de montaje, para que se puedan fabricar a bajo costo grandes cantidades de unidades que manifiesten características eléctricas uniformes y susceptibles de reproducirse.

El propósito del presente invento es proporcionar los dispositivos semiconductores perfeccionados capaces de manifestar una alta salida de energía a frecuencias de trabajo muy elevadas, así como los métodos para producir dichos dispositivos semiconductores con características uniformes y susceptibles de reproducirse.

El objetivo del presente invento se obtiene proporcionando un dispositivo semiconductor de juntura, como por ejemplo un transistor de tríodo, provisto de una multiplicidad de regiones emisoras discretas. El área de la superficie de cada una de dichas regiones emisoras es menor que un cuadro de 0,0254 mm de lado. Todas las regiones emisoras se encuentran conectadas en paralela

3 2 1 9



mediante un solo contacto metálico. De este modo se obtiene un alto cociente de la periferia emisora a la zona emisora del dispositivo. Otra de las características importantes de los transistores de alta energía a alta frecuencia, de acuerdo al presente invento, es la provisión de una multiplicidad de trayectos de alta conducción dentro de la región de base del dispositivo, de preferencia en formación regular tal como por ejemplo una grilla X-Y. Estos trayectos conductivos distribuyen uniformemente la corriente de base a través de toda la región de base, reduciendo la resistencia de base ( $r_{bb}$ ) del dispositivo. Con los ejemplos que se dan a continuación se irán describiendo en mayor detalle otras características y ventajas de los dispositivos semiconductores de juntura de acuerdo al invento y los métodos perfeccionados para producirlos en serie, al tomar en consideración al mismo tiempo los dibujos adjuntos, en los que:

Las FIGURAS Ia-II son unas vistas isométricas esquemáticas de una oblea semiconductora durante varias etapas sucesivas de la fabricación de un dispositivo semiconductor según una realización concreta del invento, siendo las FIGURAS Ik y Il unas vistas empliadas de una porción de la oblea, para proporcionar mayor claridad;

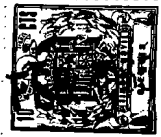
Las FIGURAS 2a-2d son unas vistas de un corte transversal de una oblea durante las etapas sucesivas de la fabricación del dispositivo semiconductor de juntura, de acuerdo a otra realización concreta del invento; y

Las FIGURAS 3-6 son planos de una oblea semiconductiva durante los pasos sucesivos de la fabricación de un dispositivo de juntura de acuerdo al presente invento.

EJEMPLO 1

30

Se prepara un cuerpo, como una oblea o cuño 10 (FIGURA 1a),



de material cristalino semiconductor, como por ejemplo germanio, silicio, aleaciones de germanio y silicio, arseniuro de galio, fosforo de indio, u otro semejante, provisto de dos caras principales opuestas 11 y 12. El tamaño, forma, tipo de conductividad y composición exactos de la oblea 10 no se consideran críticos en la práctica con el presente invento. Una oblea adecuada podría tener alrededor de 1,143 mm. de lado y 0,1524 mm. de espesor. En el presente ejemplo, la oblea 10 consiste de silicio monocristalino fuertemente adulterado con un donador, como por ejemplo un fósforo, de modo que sea de tipo de conductividad N, y tiene una resistividad de unos 005 ohmios-cm (equivalente a  $1.2 \times 10^{19}$ , aproximadamente, de portadoras de carga por  $\text{cm}^3$ ).

Se forma una región de alta resistividad que esté adyacente a una de las caras principales de la oblea mediante cualquier método apropiado, como por ejemplo mediante deposición epitaxial o el método de difusión. En la presente realización concreta se ha utilizado el método epitaxial.

Se deposita una capa 14 de silicio epitaxial (FIGURA 1b) sobre una cara 12 de la oblea mediante cualquier método conocido que sea conveniente en el arte de la semiconducción, como por ejemplo, pasando una mezcla de hidrógeno y cloruro de silicio por encima de la oblea calentada. De este modo la capa epitaxial 14 crece como una prolongación de la celosía de cristal de la oblea 10. La capa epitaxial 14 es también de conductividad tipo N, y ofrece muchas ventajas cuando tiene alrededor de 0,0254 mm de espesor. Sin embargo, la resistividad de la capa epitaxial 14 es mayor que la de la oblea 10, y tiene un valor dentro del orden de 1 a los 15 ohmios-cms. aproximadamente.

Se deposita ahora un revestimiento 15 de aislación eléctrica sobre la capa epitaxial 14 mediante cualquier método que



sea conveniente, como por ejemplo mediante evaporación. El revestimiento aislador 15 puede consistir de monóxido de silicio, dióxido de silicio, fluoruro de magnesio, óxido de magnesio, u otro semejante. En el presente ejemplo, en el que la oblea consiste de silicio, se forma de manera conveniente un revestimiento adecuado de óxido de silicio mediante la oxidación termal de la oblea.

Se calienta la oblea 10 al vapor durante unos 20 minutos a una temperatura de alrededor de 1200°C, con el fin de que se forme el revestimiento 15 de óxido de silicio (FIGURA 1c) sobre la capa epitaxial 14. Las otras superficies de la oblea se pueden cubrir con una mascarilla durante esta fase del procedimiento, a fin de evitar que se deposite sobre las mismas un revestimiento de óxido. Alternativamente, se podría formar el revestimiento de óxido para que cubra la oblea entera, y luego quitarlo de modo selectivo mediante esmerilado, pulido o recubriendo y grabado al agua fuerte.

Refiriéndonos ahora a la FIGURA 1d, se hace una abertura 13 en el revestimiento 15 de óxido de silicio sobre la capa epitaxial 14 quitando una porción interna determinada de antemano de dicho revestimiento a fin de que quede expuesta la superficie 13 de la capa epitaxial 14. El tamaño y la forma exactos de la superficie expuesta 13 no se considera críticos, recomendándose que sea, de preferencia, de 0,508 mm de lado. Se quita la porción del revestimiento de óxido de silicio que se haya determinado de antemano mediante cualquier método que sea conveniente, como por ejemplo pulido, esmerilado, o cubriendo a modo de mascarilla las porciones de la capa de óxido con cualquier material resistente a los ácidos, como por ejemplo cera parafina, cera apiezón, u otra semejante, eliminando luego las porciones que no se hayan



protegido, encima de la capa, mediante algún material para el grabado al aguafuerte, como por ejemplo ácido hidrofúrico, o fluoruro de amonio, en solución. Como alternativa, se pueden emplear los métodos de enmascarar de la fotolitografía, cubriendo  
5 con un material fororesistente a la capa de óxido, exponiendo el material fotoresistente a un patrón de luz adecuado, y luego polimerizado y templando solamente aquellas porciones del material fotoresistente que hayan sido expuestas a la luz, a la vez que se  
10 quitan las porciones que no fueron expuestas. El material fotoresistente podrían constar de una proteína bicromatada, como por ejemplo albúmina bicromatada, goma arábiga bicromatada, gelatina bicromatada, u otra semejante. Se pueden emplear con este propósito, asimismo, otros productos fotoresistentes que se venden en el mercado, tales como: KPR, fabricado por la Eastman Kodak  
15 Company; CFC, que lo fabrica la Clerkin Company; y Hot Top, que lo fabrica la Pitman Company.

Luego se calienta la oblea 10 a una temperatura aproximada de 1000°C durante unos 25 minutos, en un medio ambiente que contenga nitrógeno y un aceptador adecuado, como por ejemplo vapores de óxido de boro ( $B_2O_3$ ). De esta manera se forma una región  
20 16 difundida de boro (FIGURA 1e) en aquella porción de la capa epitaxial 14 que fué expuesta dentro de la abertura 13. La región 16 tiene aproximadamente 0,005 mm de grosor, y se ha convertido a una conductividad de tipo P mediante el boro difundido en ella.  
25 Al mismo tiempo, se forma una juntura p-n 17 entre la región 16 tipo P, difundida de boro, y el tipo N restante de la capa epitaxial 14. La juntura 17 se convierte en la juntura de colector y base del dispositivo acabado.

La oblea 10 es calentada luego en un medio ambiente oxidante como por ejemplo vapor a unos 1100°C, durante alrededor de 45  
30

30 5219



minutos. Por consiguiente se desarrolla otro revestimiento 15' de óxido de silicio (FIGURA If) encima de la región 16 difundida de boro. Esta segunda capa de óxido de silicio 15' es más delgada que el primer revestimiento de óxido de silicio 15, cuyo grosor aumenta durante esta fase del procedimiento. La región 16 de base difundida de boro se vuelve también más gruesa (alrededor de 0,0025 mm) durante esta etapa de calentamiento, ya que los átomos de boro se difunden más profundamente dentro de la capa epitaxial 14.

.....

10 Utilizando los métodos de enmascarar y de grabado a aguafuerte que se mencionan anteriormente, se graba al revestimiento 15' de óxido de silicio, encima de la región de base 16, para formar una formación de canales 18 (FIGURA Ig). El tamaño y la forma precisos, así como la cantidad exacta de los canales 18 no se consideran críticos, y se regulan para que correspondan al número de regiones emisoras que se formen posteriormente. De esta manera las porciones de la región de base 16 difundida de boro son expuestas por la formación de canales 18. La FIGURA 3 representa un plano del cuerpo semiconductor 10 en esta etapa del procedimiento, e ilustra la formación de los canales 18 en el revestimiento de óxido de silicio 15'.

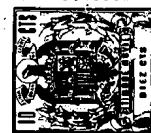
15

20

Se vuelve a calentar ahora la oblea 10 en un medio ambiente neutro que contenga un aceptador vaporizado. En el presente ejemplo se vuelve a calentar la oblea 10 durante unos 15 minutos a una temperatura aproximada de 1200°C, en un ambiente de nitrógeno que contenga vapores de óxido de boro. De esta manera se difunde una cantidad adicional de boro dentro de las porciones expuestas de la región de base 16 de tipo P para formar las zonas P+ 19 en una grilla X-Y rectangular o formación dentro de la región de base que corresponda a la formación de los canales 18 en

25

30



el revestimiento 15' de óxido de silicio. Las zonas 19 de la oblea tienen alrededor de 0,0762 mm de ancho en el presente ejemplo, y alrededor de 0,0031 mm de profundidad. Como la región de base 16 de tipo P, difundida de boron tiene únicamente alrededor de 0,0025 mm de grosor, las zonas P+ 19 se extienden completamente a través de la región de base 16 de tipo P, y a una corta distancia dentro de la porción tipo N de la capa epitaxial 14. Los márgenes de las zonas P+ 19 aparecen indicados mediante las líneas punteadas 29, que representan las interfases P+P en la región de base 16 de tipo P, y juntas P+N en la porción de tipo N de la capa epitaxial 14 debajo de la junta 17 de base y colector.

Las zonas conductoras 19 no son ni de metal ni de material semiconductor metálico eutéctico; pueden considerarse como partes de la región de base semiconductor, más fuertemente adulteradas que el resto de la región de base.

La resistividad de las zonas P+ 19 es considerablemente inferiores que la resistividad de la región 16 de tipo P. En el presente ejemplo, la resistividad laminar de la región de base 16 en la superficie es de unos 80 ohmios por cuadrado, mientras que la resistividad laminar de las zonas P+ 19 en la superficie es solamente de unos 4 ohmios por cuadrado. De este modo las zonas P+ 19 sirven como trayectos conductivos para la distribución uniforme de la corriente a través de toda la región de base 16. La resistencia efectiva interna entre el electrodo emisor de rectificación y la conexión no rectificadora de base, que se conoce en los circuitos equivalentes de  $\pi$  híbrida como la resistencia de base  $r_{bb}$ , del dispositivo, disminuye por consiguiente, aumentando correspondientemente la respuesta de alta frecuencia de la unidad. La corriente de base no se introduce dentro de la región colectora de la capa epitaxial 14, ya que, como se mencionó ante-



riormente, las márgenes 29 son rectificadoras por debajo de la  
juntura 17 de base y colector. Véase el artículo de L.J. Giaco-  
letto titulado "Estudio de Transistores de Juntura de Aleación  
P-N-P Desde C.D. A Través de Frecuencia Media", publicada en la  
5 Revista RCA, Vol. 15, No. 4, de diciembre de 1954, págs. 506-562,  
en el que se discute la  $r_{bb}$ , y otros parámetros de los circuitos  
equivalentes de  $\Pi$  híbrida; asimismo, véase el artículo de L.J.  
Giacoletto, "Terminología y Ecuaciones para Redes Lineales, Ac-  
tivas, de Cuatro Terminales que Incluyen Transistores", publica-  
10 do en la Revista RCA, Vol. 14, No. 1, de marzo de 1953, págs.  
28-46. En vista de que  $r_{bb}$ , es uno de los parámetros importantes  
que limitan el funcionamiento en alta frecuencia de dichos dis-  
positivos, resulta ventajoso la reducción de la resistencia de ba-  
se de los dispositivos semiconductores, y en particular para los  
15 dispositivos destinados a funcionar a frecuencias superiores a  
los 100 megaciclos.

La oblea semiconductiva 10 es tratada ahora ventajosamente  
te con un producto para el grabado al aguafuerte, tal como el áci-  
do hidrofúrico, de modo que se puedan eliminar todas las porcio-  
20 nes restantes de la capa 15 de óxido de silicio, así como de la  
15', dejando a la oblea en la forma en que se ilustra en la FIGU-  
RA 1h. Esta etapa del procedimiento sirve para eliminar algunas  
impurezas, tales como los iones de metal, que tienden a acumular-  
se en la interfaz entre el óxido de silicio y el semiconductor.

25 Se vuelve a calentar la oblea 10 a una temperatura de unos  
1000°C, al vapor, durante unos 50 minutos. De este modo se forma  
una capa de óxido de silicio 25 fresca y limpia (FIGURA 1j) sobre  
toda la oblea.

Refiriéndonos ahora a la FIGURA 1k, que para mayor claridad  
30 representa una vista fragmentaria aumentada que ilustra únicemen-

3 5219



te una porción de la oblea 10, se subre con una mascarilla la  
capa 25 de óxido de silicio fresco y se graba al aguafuerte pa-  
ra formar una multiplicidad de aberturas 20 en la capa 25, ex-  
poniendo por consiguiente las porciones de la región de base 16  
5 difundida de boro del tipo P. Las aberturas 20 están dispuestas  
en una formación regular, como por ejemplo una grilla X-Y, de  
modo que cada abertura se encuentre dentro de un área limitada  
por dos pares ortogonales de las zonas conductivas 19. La forma  
de cada una de las aberturas 20 no es considerada crítica, y po-  
10 dría ser circular, triangular o rectangular, y aún hasta irregu-  
lar. Sin embargo, con el fin de obtener los mejores resultados  
en altas frecuencias, el área de cada una de las aberturas 20  
debería ser menor de 0,0254 mm de lado. En el presente ejemplo,  
las aberturas 20 son de forma cuadrada; de 0,0127 mm, aproxima-  
15 damente, por lado; y dispuestas en una formación rectangular de  
trece hileras y doce columnas. La FIGURA 4 es un plano que ilus-  
tra una formación de aberturas en esta etapa del procedimiento.

Se vuelve a calentar ahora la oblea 10 en un ambiente que  
incluya un donador vaporizado, de modo que convierta a las por-  
20 ciones expuestas de la región 16 difundida de boro al tipo opues-  
to de conductividad. En el presente ejemplo, se calienta a la  
oblea 10 en un ambiente que incluye vapores de pentóxido de fós-  
foro de dos a diez minutos a una temperatura de unos 1100°C. De  
este modo las porciones 21 de la región de base 16 difundida de  
25 boro son convertidas a una conductividad de tipo N, y sirven co-  
mo las regiones emisoras del dispositivo. En los márgenes entre  
las regiones emisoras 21 difundidas de fósforo tipo N y la re-  
gión de base 16 difundida de boro tipo P se ha formado una mul-  
tiplicidad de junturas p-n 22. Estas constituyen las junturas de  
30 emisor y base del dispositivo.

30 5219



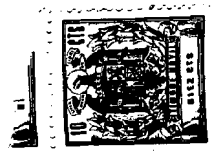
Se vuelve a calentar ahora la oblea 10 al vapor durante unos 20 minutos a una temperatura de unos 1000°C para formar el revestimiento 35 de óxido de silicio (FIGURA 11) sobre cada región emisora 21. Los revestimientos de óxido de silicio 35 son más delgados que el revestimiento de óxido de silicio 25, cuyo grosor ha aumentado durante esta etapa del procedimiento. Utilizando las técnicas de mascarilla y del grabado al aguafuerte que se mencionan anteriormente, se hace una abertura 36 de contacto al emisor en el revestimiento 35 del óxido de silicio sobre cada región emisora 21. El tamaño y la forma exactas de cada abertura 36 de contacto emisor no se consideran críticos; sin embargo, cada abertura 36 debería estar totalmente dentro del área de la región emisora correspondiente 21 debajo de la misma. En el presente ejemplo, cada abertura de contacto emisor 36 es cuadrada, de alrededor de 0,0762 mm por lado, y centrada dentro de cada región emisora 21 correspondiente que, como se mencionó antes, es un cuadrado de 0,0127 mm por lado. Durante la misma fase del procedimiento de grabado al aguafuerte, se quitan las porciones del revestimiento de óxido de silicio 25 para formar una formación de canales 38. De preferencia, los canales 38 deberán tener un ancho igual al de los trayectos conductivos P+ 19, es decir, alrededor de 0,0762 mm de ancho en el presente ejemplo, y están dispuestos en una formación en un solo sentido de modo que cada canal 38 exponga trayectos conductivos alternados 19 hasta la hiler central de las aberturas 36. La FIGURA 5 es un plano que ilustra la formación de las aberturas de contacto emisor 36 y los canales 38 en esta etapa del procedimiento.

Se efectúa ahora un contacto eléctrico de baja resistencia para los trayectos conductivos P+ 19 expuestos, y para las porciones expuestas de cada zona emisora 21 que corresponde a cada

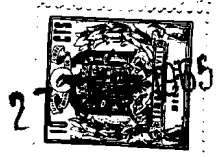


zona emisora 21 que corresponde a cada abertura 36. Uno de los métodos con que se puede obtener esto sería depositando un metal o una aleación sobre cada una de estas porciones expuestas de la oblea 10. En el presente ejemplo, se deposita una película 40, que consiste de aluminio, mediante evaporación sobre toda la superficie de la oblea. El grosor exacto de la película 40 no se considera crítico, pero resulta conveniente que tenga alrededor de 0,0038 mm de grosor. La película conductiva 40 no efectúa el contacto con toda la región de base 16, puesto que una parte de la película descansa sobre los revestimientos de óxido de silicio 25 y 35. La película 40 no hace contacto con las porciones expuestas de la oblea 10 que corresponden a los trayectos conductivos 19 y con las zonas de contacto 36 dentro de cada región emisora 21. A pesar de que el aluminio es un aceptor en el silicio, se ha descubierto que el aluminio hace un contacto de baja resistencia, tanto para los trayectos conductivos 19 tipo P+ difundidos de boro como para las regiones emisoras 21 tipo N difundidas de fósforo. Cuando la película metálica 40 tiene un grosor menor de 0,0254 mm, como en el presente ejemplo, el patrón o formación de los trayectos conductivos y de las aberturas emisoras se hace visible como indentaciones en la película metálica.

En vista de que la película 40 de contacto metálico, cuando se acaba de depositar establece un contacto único tanto para la región de base del dispositivo como para la multiplicidad de las regiones emisoras, se divide la película 40 en dos porciones separadas, una de las cuales establece el contacto con la región de base del dispositivo únicamente, mientras que la otra establece el contacto únicamente con la región emisora del dispositivo. Esta subdivisión del contacto metálico 40 se logra de modo con-



veniente depositando una capa de material fotoresistente (que no aparece ilustrado) sobre la película metálica 40, y exponiendo el material fotoresistente a un patrón de luz apropiado, revelando el material fotoresistente y quitando aquellas porciones de la película metálica 40 que no hayan sido cubiertas con mascarilla mediante el grabado al aguafuerte, con el fin de exponer las porciones de la capa de óxido de silicio 25 debajo de ellas. En el presente ejemplo, en el que la película metálica 40 consiste de aluminio, las porciones de la película 40 no cubiertas con mascarilla se eliminan convenientemente mediante el grabado al aguafuerte en un baño que consiste en una solución acuosa de hidróxido de sodio. De este modo la película se divide ventajosamente en dos partes, según se muestra en el plano de la FIGURA 6; una porción central 42 que se convierte en el contacto emisor, y una porción periférica 44, que se convierte en el contacto de base del dispositivo. Los contactos 42 y 44 se encuentran eléctricamente aislados entre sí mediante la porción expuesta de la capa de óxido de silicio 25 que está entre ambos. De preferencia, el contacto emisor 42 tendrá una estructura interdigitada, o semejante a un peine, que consiste de una multiplicidad de agujas o lengüetas 43. En el presente ejemplo, cada una de estas lengüetas 43 cubre dos columnas colindantes de las zonas de contacto emisores. En vista de que en el presente ejemplo la formación de las regiones emisoras consta de doce columnas, existen seis lengüetas en el contacto emisor 42. El contacto de base 44 se extiende desde la periferia de la región de base hasta las zonas estrechas entre las lengüetas 43, de modo que establezcan contacto con cada trayecto conductor alternado 19 (no ilustrado en el plano) que se encuentra entre las lengüetas. De este modo la corriente de base se distribuye de manera uniforme y con baja pérdida de resistencia a través de toda



la región de base 16 tipo P por medio de la grilla X-Y de los trayectos de alta conductividad P<sup>+</sup> 19. De este modo la formación de los trayectos conductivos 19 en la región de base del dispositivo reduce el parámetro eléctrico que se conoce como resistencia de base ( $r_{bb}$ ), y por consiguiente constituye un factor importante para lograr el funcionamiento de alta frecuencia de la unidad terminada.

La masa de tipo N de la capa epitaxial 14 es la región co-lectora del dispositivo terminado. En vista de que en el presente ejemplo la capa epitaxial 14 ha sido desarrollada en una oblea 10, que también es de conductividad de tipo N, se puede establecer un contacto eléctrico con la región colectora 14 soldando un alambre conductor a la cara 11 de la oblea 10. Alternativamente, se monta la oblea 10 en un recinto, como por ejemplo una lata de metal, uniendo la cara 11 de la oblea al fondo de la lata, que servirá luego como el conductor colector del dispositivo. Luego se une por lo menos uno de los alambres conductores emisores (que no se ilustra) al contacto emisor 42, y se une por lo menos uno de los alambres conductores de base (que no se ilustra) con el contacto de base 44 mediante cualesquiera de los métodos apropiados, como por ejemplo unión o soldadura por termocompresión. Las etapas mediante las cuales se unen los alambres conductores y se encapsula (encierra) el dispositivo, se logran empleando métodos standard del arte de la semiconducción, por lo que no hay necesidad de describirlos en la presente.

El dispositivo que se ha descrito tiene una razón elevada de periferia emisora (en mm) a la zona emisora (en mm cuadrados). Es bien sabido que la corriente emisora de inyección se mejora aumentando la periferia emisora, ya que la corriente emisora pasa de la región emisora a la región de base por la periferia emisora.

Sin embargo, a pesar de que se puede aumentar de este modo la salida de energía de un dispositivo, aumentando la zona emisora y la periferia emisora, al aumentar la zona emisora se aumenta la capacidad emisora y, en consecuencia, se disminuye el funcionamiento a alta frecuencia del dispositivo. Por lo tanto, es aconsejable que al fabricar los transistores de alta frecuencia se aumente la periferia emisora sin un aumento indebido de la zona emisora. Hasta la fecha se ha logrado esto haciendo que la región emisora tenga la forma de una hoja, o de alguna forma regular con una multiplicidad de lóbulos. Si bien es cierto que con ello se ha logrado alguna mejora en la razón de periferia emisora a zona emisora, este coeficiente es aún menor de lo que se considera deseable para los dispositivos de alta frecuencia y alta energía. En los dispositivos que se describen en el presente documento, la razón de periferia emisora por zona emisora es aumentada de modo considerable mediante la subdivisión del emisor en una multiplicidad de regiones emisoras, teniendo cada región un área menor de 0,0254 mm de lado. Considérese, por ejemplo, los dispositivos que se han obtenido en el arte anterior, como por ejemplo los transistores de mesa y otros semejantes, en los que la región emisora, es, generalmente, de forma rectangular. Las dimensiones específicas de la región emisora de tales dispositivos del arte anterior varían pero, por ejemplo, podrían ser apropiadamente de 0,0508 mm por 0,508 mm. La zona emisora de este dispositivo del arte anterior tiene, por lo tanto 0,0258 mm cuadrados, mientras que la periferia emisora es de aproximadamente 1,118 mm. La razón de la cantidad de unidades de longitud de periferia emisora  $l$  (1,118 mm en el presente ejemplo) a la cantidad de unidades de zona emisora  $l^2$  (0,0258 mm cuadrados en el presente ejemplo) es solamente un poco mayor de uno. En cambio, en el dispositivo que incorpora una realización



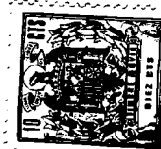
concreta del presente invento existen 156 regiones emisoras, siendo cada región un cuadrado de 0,0127 mm por lado. El total de la zona emisora en el dispositivo que incorpora una realización concreta del invento es, por lo tanto, 0,0252 mm cuadrados, lo que es un poco menos que la zona emisora del dispositivo del arte anterior, mientras que el total de la periferia emisora del dispositivo que incorpora la realización concreta del invento es de 7,925 mm, lo que hace que la razón del número de unidades (mm) de periferia emisora por número de unidades (mm cuadrados) de la zona emisora sea exactamente ocho en el dispositivo del presente ejemplo. Se podrá apreciar que esta importante mejora en la razón de periferia emisora a la zona emisora no se verá muy afectada si se diera alguna otra forma a la formación de las regiones emisoras en el dispositivo según el presente invento, como por ejemplo de triángulo, de círculo, o de forma irregular, siempre que la zona de cada región emisora individual sea menor de un milímetro cuadrado. Una de las características distintivas de los dispositivos fabricados de acuerdo al invento es que la razón de periferia emisora a la zona emisora se hace que sea mayor de seis, con lo cual se aumenta el rendimiento de alta energía a alta frecuencia del dispositivo.

EJEMPLO II

En el ejemplo anterior se empleó una oblea o rodaja provista de una capa epitaxial sobre una de sus caras principales para fabricar el dispositivo. En el presente ejemplo se fabrica un dispositivo semiconductor de juntura empleando en todo el procedimiento los métodos de difusión, sin necesidad de tener que desarrollar una capa epitaxial.

Se prepara una oblea o cuño 50 (FIGURA 2a) de un material

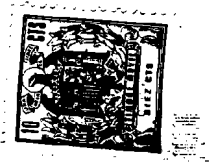
3 5219



semiconductivo cristalino, con dos caras principales 51 y 52 opuestas. El tamaño, la forma y la composición de la oblea 50 no son considerados críticos. En el presente ejemplo, la oblea 50 es de aproximadamente 1,143 mm de lado, 0,381 mm de grosor, y consiste de silicio monocristalino. La oblea 50 pueda ser de cualquier tipo de conductividad. En el presente ejemplo, la oblea 50 es de tipo N de conductividad, y tiene un valor de resistividad dentro de la gama de 1 a 15 ohmios-cms. aproximadamente.

Se calienta la oblea 50 en un ambiente que contenga un modificador de conductividad, que sea del mismo tipo que el de la oblea. En el presente ejemplo, se calienta la oblea 50 en un ambiente que contiene vapores de pentóxido de fósforo durante unos 30 minutos a una temperatura aproximada de 1250°C, de modo que se forme la zona superficial 53 N<sup>+</sup> difundida de fósforo (FIGURA 2b) alrededor de una porción central 54 tipo N de la oblea. En estas condiciones, la zona superficial 53 es de alrededor de 0,127 mm. de grosor, y una concentración superficial de alrededor de  $1 \times 10^{20}$  átomos de fósforo por  $\text{cm}^3$ .

Se quitan los extremos de la oblea cortándolos, y se afina entonces mediante pulimentación una de las caras principales de la oblea, la de referencia 52, con el objeto de quitar toda la zona superficial N<sup>+</sup> de dicho lado, eliminándose también una porción de la región central 54 de tipo N, dejando el resto de la oblea 50 como aparece ilustrada en la FIGURA 2c, con una zona N<sup>+</sup> 53' de aproximadamente 0,127 mm de grosor adyacente a la cara 51, y una zona tipo N o porción 54' de alrededor de 0,041 mm. de grosor. El procedimiento de pulimentado ofrece la ventaja de que la cara 50' de la oblea opuesta a la cara principal 51 es ópticamente chata, con lo cual se logra un mayor control del grosor de la oblea 50' y de las regiones difundidas que se formarán en ella



posteriormente.

5 Se cubre con una mascarilla la cara 51 de la oblea, y se somete la oblea 50' a un tratamiento con un material para el grabado al aguafuerte que sea adecuado, con el fin de quitar alrededor de 0,0124 mm. del grosor de la oblea, de la cara que no se ha cubierto con la mascarilla. Esta fase del procedimiento elimina la porción de la oblea dañada por el trabajo, y expone una superficie fresca y limpia para emplearla en el procedimiento. Se quita luego la mascarilla depositándose en seguida una capa aisladora 55 de material como óxido de silicio por ejemplo sobre la 10 cara de la oblea 50' al lado opuesto a la cara principal 51, quedando la oblea 50' en la forma que aparece ilustrada en la FIGURA 2d, con una región N<sup>+</sup> 53 de aproximadamente 0,127 mm. de grosor adyacente a la cara 51 de la oblea, y una región tipo N 54 '' de 15 alrededor de 0,0254 mm. de grosor.

La oblea 50' preparada de este modo está constituida por una capa o región delgada tipo N sobre una región más gruesa del tipo N<sup>+</sup>, y por lo tanto es semejante a la configuración de la oblea 20 semiconductor en la FIGURA Ib del Ejemplo I. Las etapas subsiguientes del procedimiento de difundir una región de base dentro de la zona 54' tipo N, de difundir una grilla de trayectos conductivos dentro de la región de base, de difundir una multiplicidad de regiones emisoras dentro de la región de base, siendo el 25 área de cada región emisora menor que 0,0254 mm. de lado, formando contactos metálicos con la región de base y con las regiones emisoras, se logran mediante métodos y técnicas semejantes a aquellos que se han descrito anteriormente con el Ejemplo I.

Alternativamente se puede cubrir con una mascarilla una de las caras principales de una oblea semiconductiva, cristalina, de 30 un tipo de conductividad dado, y un modificador de conductividad



del mismo tipo se puede difundir dentro de la cara principal de-  
 jada sin cubrir con mascarilla, con lo que se forma una oblea  
 con una región de alta resistividad, de tipo de conductividad  
 determinado, adyacente a una de las caras principales, y una re-  
 5 gión de baja resistividad adyacente a la cara principal opuesta  
 de la oblea. Las etapas subsiguientes del procedimiento para for-  
 mar la región de base, los trayectos conductivos en la región  
 de base, y una formación de regiones emisoras discretas, se efec-  
 túan en la forma que se ha descrito anteriormente.

10

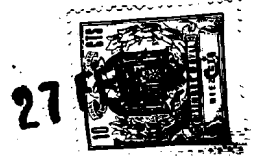
EJEMPLO III

En este ejemplo, se prepara una oblea semiconductiva cris-  
 talina que está constituida por una zona o lámina delgada, de  
 tipo de conductividad dado, sobre una zona o lámina más gruesa  
 15 del mismo tipo de conductividad pero de inferior resistividad,  
 según se ilustra en la FIGURA 1b del Ejemplo I, mediante desarro-  
 llo epitaxial o por difusión como en la FIGURA 2d del Ejemplo II.  
 Se cubre luego, de modo apropiado, con una mascarilla la cara  
 de la región delgada de la oblea, difundiéndose un modificador  
 20 de conductividad de tipo opuesto de conductividad dentro de la  
 zona fina del tipo dado, con el objeto de formar una grilla rec-  
 tangular de trayectos conductivos de tipos opuestos de conduc-  
 tividad, como por ejemplo la formación X-Y de trayectos conductivos  
 19 de la FIGURA 1g. Se difunde luego una región de base de tipo  
 25 opuesto de conductividad, tal como la región de base 16 de la  
 FIGURA 19g, dentro de la zona fina de la oblea alrededor de la  
 grilla antes mencionada de trayectos conductivos. Durante esta  
 segunda etapa del procedimiento de difusión se aumenta la conduc-  
 tividad de la grilla de trayectos conductivos.

30

Una importante ventaja de este método es que la primera

30



etapa del procedimiento de difusión, con el que se forma la grilla de trayectos conductivos, se puede efectuar a temperaturas elevadas con fuentes de impurezas concentradas (modificador de conductividad), con el fin de hacer que los trayectos conductivos estén fuertemente adulterados y, por lo tanto, de muy baja resistencia eléctrica. Esta etapa del procedimiento se puede ejecutar sin que se afecte la conductividad de la región de base, que se forma posteriormente. En el método empleado en el presente ejemplo, la conductividad de la grilla X-Y en la región de base es mayor que la conductividad de la grilla X-Y en los ejemplos anteriores I y II. Por lo tanto, la resistencia de base  $r_{bb'}$  del dispositivo es reducida y la corriente de base es distribuida de manera más eficaz a las regiones emisoras. Los pasos siguientes del procedimiento para la formación de una multiplicidad de regiones emisoras, cada una de ellas menores de 0,0254 mm de lado, dentro de la región de base, y para la formación de contactos eléctricos para la región de base y para las regiones emisoras, se puede lograr de la manera que se ha descrito anteriormente en el Ejemplo I.

Los transistores fabricados con una formación o grilla de trayectos conductivos dentro de la región de base, y una multiplicidad de regiones emisoras, estando provista cada región emisora de una área superficial de menos de 0,0254 mm. de lado, y un índice o razón de periferia emisora a zona emisora mayor de seis, han manifestado una salida de energía de hasta seis vatios en frecuencia de trabajo de hasta 500 megaciclos. No se conocen transistores hasta la fecha que presenten tan altas salidas de energía a frecuencias superiores a los 250 megaciclos.

Si bien es cierto que las realizaciones concretas antes mencionadas se han descrito con respecto a un transistor de silicio NPN, hay que tener en cuenta que ello se ha hecho únicamente a título de ejemplo solamente, ya que no está limitado a



ellos. El tipo de conductividad de las diversas regiones puede invertirse, de modo que se puedan fabricar dispositivos PNP. Se pueden utilizar además otros cuerpos semiconductores cristalinos, como por ejemplo germanio, fosfuro de indio, u otros semejantes, con otros aceptadoras y donadores. La película conductiva metálica puede consistir de otros metales además del aluminio; como por ejemplo, uno de los metales nobles como el oro, y puede depositarse sobre la oblea o rodaja semiconductor cristalina utilizando otros métodos, como por ejemplo, el de galvanoplastia, el método no galvánico, u otros semejantes. La formación de las capas aisladoras se puede lograr mediante otros métodos o técnicas, tales como evaporación. Cuando las capas aisladoras consisten de óxido de silicio térmicamente desarrollado sobre una oblea de silicio, podrían formarse simultáneamente con las etapas del procedimiento de difusión. En los casos en que la oblea semiconductiva esté constituida de otros materiales que no sean silicio, como por ejemplo germanio, arsenuro de galio, u otro semejante, se puede depositar sobre ella las capas aislantes de óxido de silicio por descomposición térmica de compuestos de siloxano, según se describe en la Patente de Estados Unidos 3,089,793, otorgada el 14 de mayo de 1963 a Jordan y Donahue y asignada al cesionario de la presente solicitud. La formación de las zonas conductivas en la región de base de los dispositivos puede ir en un solo sentido únicamente, por ejemplo entre las columnas de las regiones emisoras; alternativamente, la formación puede consistir de una grilla que no sea ortogonal, o irregular. A pesar de que la fabricación del dispositivo ha sido descrita, para hacerla más clara, en términos de una unidad única hecha de una oblea o cuño única, en la práctica se pueden elaborar simultáneamente, y de un modo poco costoso, cien o más unidades sobre una rodaja de un lingote semiconductor cris-



talino, subdividiéndose luego en unidades separadas provistas de características eléctricas uniformes y susceptibles de poder reproducirse.

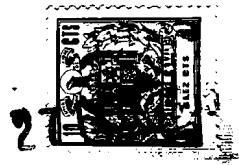
5 Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América el 24 de Octubre de 1963, bajo el Número 318.678, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

10

- 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:

15 1º.- El método para la fabricación de un dispositivo semiconductor, que consta de las etapas para: preparar una oblea semiconductiva, cristalina, de un tipo determinado de conductividad con dos caras principales opuestas; formar de modo ad-  
20 yacente a una de dichas caras principales una región de dicho tipo determinado de conductividad, pero de mayor resistividad que dicha oblea; difundir un modificador de conductividad opuesta dentro de dicha región de mayor resistividad, a fin de convertir una porción de ella a la conductividad de tipo opuesto; difundir  
25 un modificador de tipo opuesto de conductividad dentro de unas partes de dicha porción de tipo opuesto de conductividad para formar en dicha porción unas zonas conductoras; y difundir un modificador de un tipo determinado de conductividad dentro de otras partes de dicha porción de tipo opuesto de conductividad con el  
30 objeto de formar en ellas una multiplicidad de regiones de un tipo



determinado de conductividad.

2º.- Un método de acuerdo a la Reclamación 1 que se caracteriza en que se difunden dicho modificador de tipo opuesto de conductividad dentro de dichas partes de dicha porción de tipo opuesto de conductividad con el fin de crear una formación de zonas conductivas de dicho opuesto de conductividad en dicha porción.

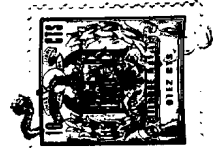
3º.- El método de acuerdo a la Reclamación 1, que se caracteriza en que se difunde dicho modificador de tipo opuesto de conductividad dentro de dichas partes de dicha porción de tipo opuesto de conductividad con el objeto de formar una grilla X-Y de zonas conductivas de dicho tipo opuesto de conductividad en dicha porción.

4º.- El método de acuerdo a la Reclamación 1, que se caracteriza en que se conecta dicha multiplicidad de regiones de un tipo determinado de conductividad mediante un contacto único.

5º.- El método de acuerdo a la Reclamación 1 que se caracteriza en que primero se difunde dicho modificador de tipo opuesto de conductividad dentro de unas partes de dicha región de más alta resistividad para formar dichas zonas conductivas en dicha región de mayor resistividad, y luego se difunde dicho modificador de conductividad opuesta dentro de dicha región de mayor conductividad para que dicha porción de ella, convertida a dicha conductividad de tipo opuesto, rodee a dichas zonas conductivas.

6º.- Método para la fabricación de un dispositivo semiconductor.

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



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

Madrid,

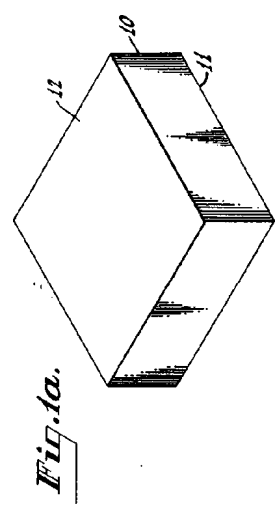
P.A.

27 FEB. 1965

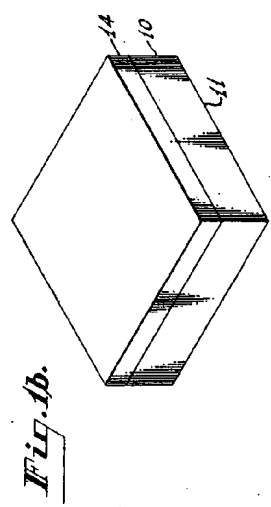
Alberto de Iturbide  
Por Pedat.

3 219

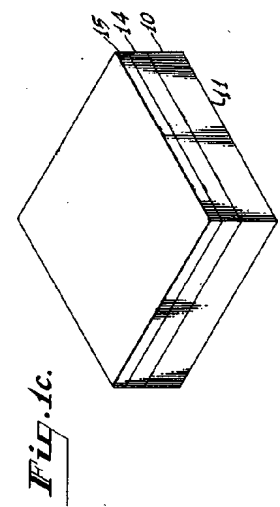
AVS. *[Handwritten marks]*



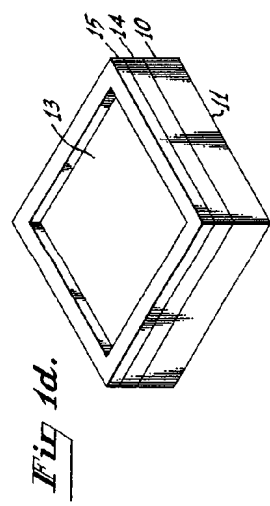
*Fig. 1a.*



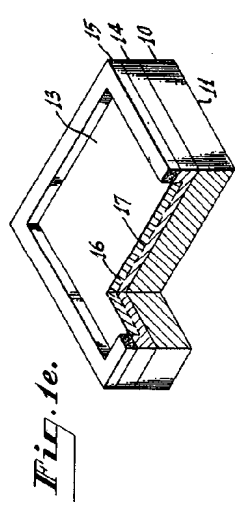
*Fig. 1b.*



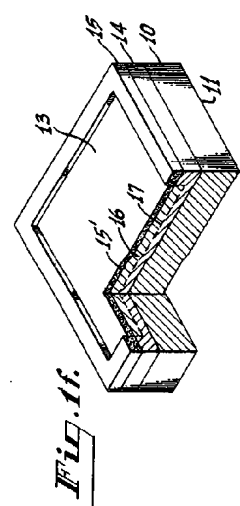
*Fig. 1c.*



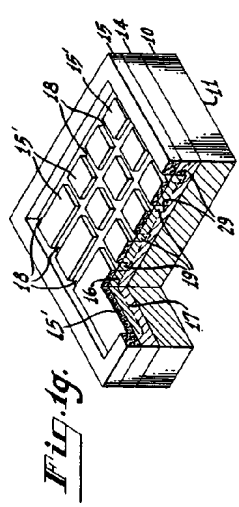
*Fig. 1d.*



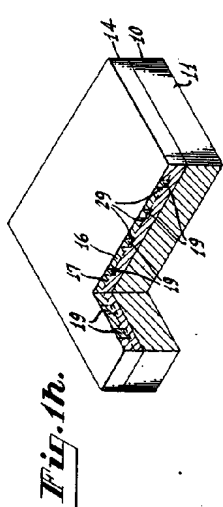
*Fig. 1e.*



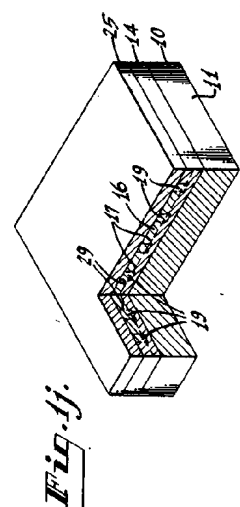
*Fig. 1f.*



*Fig. 1g.*

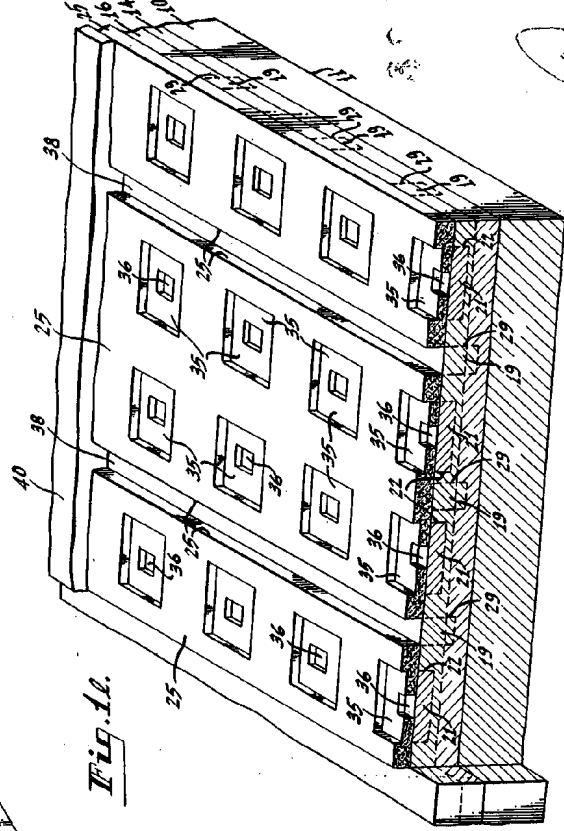
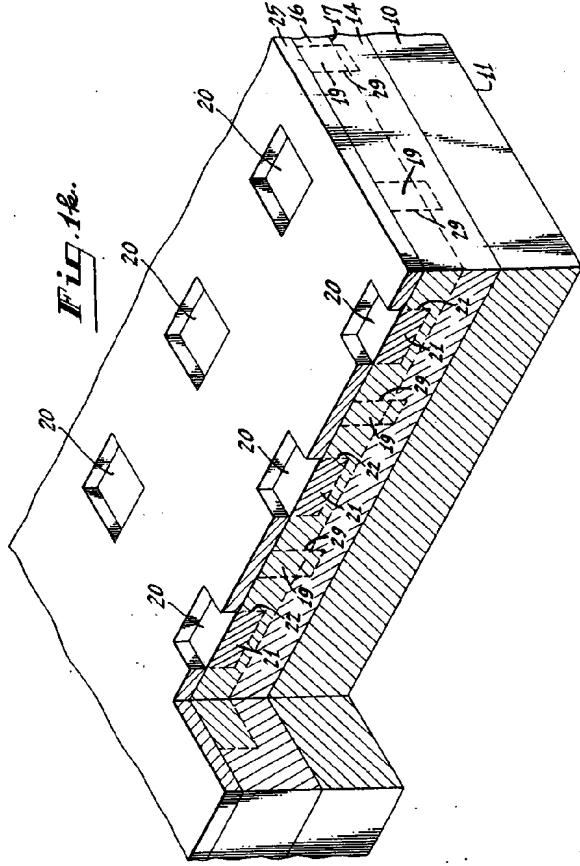


*Fig. 1h.*



*Fig. 1j.*

*Boyle*



*Ed. L.*

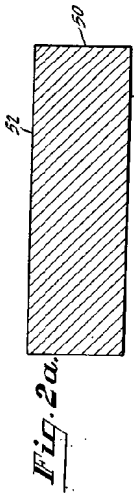


Fig. 2a.

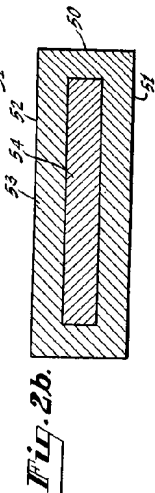


Fig. 2b.

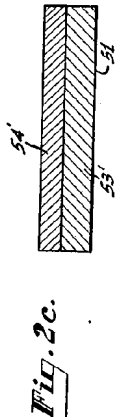


Fig. 2c.

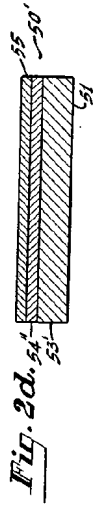


Fig. 2d.

Fig. 5.

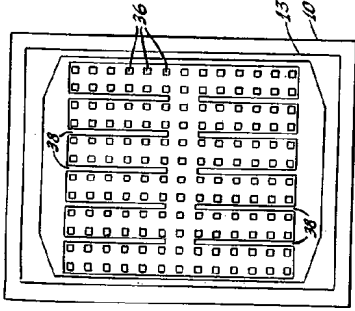


Fig. 6.

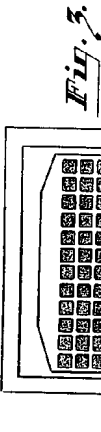
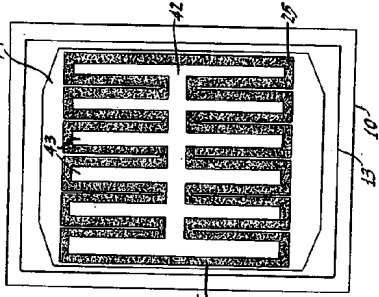
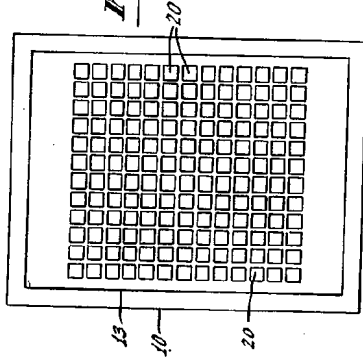


Fig. 3.

Fig. 4.



Wild