

JB.

G. GRANSTON, B.H. 3/5

388081

2



SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C
CLASE <u>H 05</u> _____
SUBCLASE <u>K</u> _____

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

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, de nacionalidad  
norteamericana, domiciliada en 195, Broadway - NEW YORK  
(EE.UU.)

por:

"Método para unir piezas de trabajo por explosiones"

-----

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

La presente invención se refiere a uniones explosivas. Más particularmente, en una forma de realización preferida, esta invención se refiere a un método para unir explosivamente una primera pieza de trabajo a una segunda pieza de trabajo.



En la fabricación de circuitos electrónicos, el empleo de componentes eléctricos discretos, como resistencias, condensadores y transistores, está yendo rápidamente en desuso. Dichos componentes discretos están siendo sustituidos ampliamente por el circuito integrado, una pequeña porción de silicio que se puede hacer mediante una serie de etapas seleccionadas de enmascaramiento, corrosión y elaboración para ejecutar todas las funciones que pueden ser realizadas por componentes discretos cuando tales componentes discretos son adecuadamente interconectados por circuito convencional o impreso para formar un circuito de trabajo.

Los dispositivos de circuito integrado son muy pequeños, siendo aproximadamente las dimensiones de un dispositivo típico 0,9 mm x 0,9 mm. Aunque tales dimensiones microscópicas permiten un grado de miniaturización no imaginado hasta la fecha, existen otras razones por las que dichos dispositivos se hacen tan pequeños, siendo una de tales razones que las dimensiones microscópicas mejoran de manera importante las características de trabajo de los circuitos que se fabrican sobre dispositivos IC (circuito integrado). Por ejemplo, la velocidad de conmutación de circuitos de puerta y la anchura de banda de los amplificadores I.F. (frecuencia media) son mejoradas de manera importante por dicha miniaturización.

Desde luego, un circuito integrado no puede funcionar en vacío, y debe ser interconectado a otros



circuitos integrados y al mundo exterior, por ejemplo, a fuentes de alimentación, dispositivos de entrada/salida, y similares. Aquí, sin embargo, las dimensiones microscópicas representan una desventaja distinta.

5           Debido a las técnicas de fabricación mejoradas y al aumento de producción, el coste de circuitos integrados ha caído de modo muy notable en la última década y ahora, en muchos casos, el coste para interconectar un circuito integrado a otro circuito integrado o al mundo exterior sobrepasa el coste del mismo dispositivo, lo que determina una situación sumamente inconveniente.

10           Según un método conocido para interconectar dispositivos de circuito integrado, cada dispositivo es unido a la parte superior de una base similar a transistor y multiterminal. Luego se unen a mano alambres de oro de ley, uno cada vez desde las porciones terminales del circuito integrado a correspondientes puntas terminales en la base similar a transistor, cuyas puntas, desde luego, se extienden hacia arriba a través del substrato con dicho fin, de una manera ya conocida. La interconexión del dispositivo a otros dispositivos o al mundo exterior se efectúa entonces enchufando o conectando la base, con  
15           el dispositivo de circuito integrado unido a la misma, en una caja de enchufe que es conectada a otras cajas de enchufe similares, o a componentes discretos, mediante cableado convencional o por medio de circuitos impresos.



Debido al tamaño extremadamente pequeño de los dispositivos IC y a los problemas de alineación correspondientes, los intentos para automatizar dicho proceso de unión a mano antieconómico no han tenido éxito. Además, aparte de la economía, el empleo de dispositivos de circuito integrado de enchufe invalida muchas de las propiedades altamente convenientes que poseen tales dispositivos, por ejemplo, la capacidad que se puede realizar y el rendimiento que son capaces de dar.

Por dichas razones, los diseñadores de circuito prefieren conectar circuitos integrados directamente a un substrato aislante, tal como de vidrio o cerámico, sobre el que ha sido impuesto un dibujo adecuado de vías conductoras metálicas, por ejemplo, de aluminio u oro. Desgraciadamente, la mayoría de las técnicas existentes para imponer vías conductoras metálicas sobre vidrio o cerámico son caras y requieren mucho tiempo. Ejemplos de dichas técnicas existentes comportan la deposición por pulverización por vacío de una película metálica delgada sobre el substrato, seguido de la aplicación de un fotorresistente sobre la película metálica así depositada. A continuación, el fotorresistente se expone, a través de una máscara adecuada, y se revela y la película metálica se corroe selectivamente para dejar el dibujo metálico deseado sobre el substrato. Finalmente se aumenta el dibujo metálico hasta el espesor deseado mediante la técnica de deposición electrolítica o por reacción química no



eléctrica) en la que se deposita metal adicional sobre el dibujo metálico existente. Otra técnica, ya conocida, para depositar vías metálicas conductoras sobre un substrato comporta la operación de cribar una suspensión granular de partículas metálicas en un vehículo adecuado, como etil celulosa, sobre el substrato, en el dibujo conveniente, y luego calentar el substrato para unir y difundir los granos metálicos en la superficie del substrato para crear así el dibujo conveniente de vías conductoras sobre el substrato. Debido al gran número de etapas que se requieren será evidente que las citadas técnicas conocidas son caras y su ejecución precisa de mucho tiempo.

Volviendo a los problemas de la unión de los dispositivos, la técnica de unión a mano descrita para dispositivos de circuito integrado se puede emplear, desde luego, para conectar un dispositivo de circuito integrado a las zonas terminales de tierra de un dibujo conductor impreso. Sin embargo, se han desarrollado asimismo técnicas que se prestan más prontamente para automatización.

La patente estadounidense 3.425.252, por ejemplo, expedida a favor de M.J. Lepselter con fecha 4 de febrero de 1969, describe un circuito semiconductor que comprende una pluralidad de conductores de terminal viga dispuestos en voladizo hacia el exterior del dispositivo. Para unir tal dispositivo con terminales viga a un substrato, primeramente se alinea el dispositivo con relación a las zonas de tierra terminales del substrato y luego se aplica calor y presión a cada

- 6 - 38808 1<sup>2</sup>



uno de los terminales viga, por medio de una herramienta de unión adecuadamente conformada, para unir simultánea y automáticamente los conductores de terminal viga al substrato.

5            Otra técnica de unión que se puede utilizar con dispositivos de terminal viga es la técnica de unión concordante (a lo largo de la presente memoria la palabra inglesa "compliant" la traducimos por "concordante") descrita en la patente estadounidense serie número  
10 651.411 de A. Cocoulas registrada con fecha 6 de julio de 1967. Esta solicitud describe una técnica de unión según la cual se aplica calor y presión por medio de una herramienta de unión a los terminales viga a través de un medio concordante, tal como una lámina de  
15 aluminio. El calor y presión aplicados hacen que la lámina de aluminio fluya plásticamente y que se transmita la presión de unión a los terminales viga, uniéndose de esta manera los terminales viga al substrato.

Las técnicas descritas permiten unir simultáneamente con éxito todos los terminales viga de un dispositivo único y, desde luego, son igualmente adecuadas para unir una zona grande, es decir, en el caso en que conviene unir simultáneamente una pluralidad de dispositivos provistos de terminales viga a un único  
20 substrato. No obstante, es un tanto difícil alinear una herramienta de unión masiva y multiperforada (o una pluralidad de herramientas de unión individuales muy poco separadas con los dispositivos de circuito integrado a unir. Otro problema en unión de zona grande  
25



consiste en que, mientras que es posible controlar exactamente las dimensiones de un dispositivo IC determinado y su alineación con respecto a una serie dada de áreas de contacto de un sustrato, es muy difícil controlar la separación entre esta serie de áreas de contacto y otra serie de áreas de contacto en el otro extremo del sustrato. Puesto que en este caso existe alguna incertidumbre por lo que respecta a la situación exacta en que se encontrará cada dispositivo de circuito integrado en el sustrato, el empleo de una herramienta de unión multiperforada masiva (o una pluralidad de herramientas de unión individuales) resulta difícil debido a la variación de la separación de dispositivo a dispositivo desde un sustrato a otro.

Otra razón por la que es conveniente emplear otras técnicas en aplicaciones de unión de zona grande reside en el hecho de que no es posible fabricar sustratos grandes que son substancialmente planos sobre toda la zona superficial del sustrato. Así existe un grado importante de no paralelismo entre el sustrato (y por ello, los dispositivos IC a unir) y la herramienta (o herramientas) de unión. Dicha falta de paralelismo puede dar por resultado la aplicación de presiones de unión a algunos dispositivos IC que sobrepasan mucho el máximo de presión permitida, lo que conduce al deterioro o a la destrucción completa de los dispositivos afectados. Análogamente, la falta de paralelismo puede obligar a la aplicación a otros



dispositivos IC de presiones de unión muy inferiores a las mínimas requeridas para una unión satisfactoria, dando ello por resultado uniones débiles o no existentes entre los dispositivos y el substrato.

5           En términos generales el problema está en hallar un método mejorado para unir una primera pieza de trabajo a una segunda pieza de trabajo. En particular, un aspecto importante de este problema es encontrar un método para unir simultáneamente los microconductores de una pluralidad de dispositivos de  
10           circuito integrado a las correspondientes áreas de contacto de un substrato, después de que los dispositivos han sido alineados con el substrato, sin emplear una herramienta de unión que debe ser alineada con los  
15           dispositivos y/o el substrato o que debe ser provista de un mecanismo de compensación complicado para compensar la falta de paralelismo entre el substrato y la herramienta de unión.

          Un segundo aspecto importante de este problema  
20           es hallar un método para formar vías o regiones conductoras metálicas sobre un substrato aislante, particularmente un substrato de gran zona sin someter al substrato a etapas de elaboración numerosas, caras y que requieren mucho tiempo.

25           Se ha descubierto que la unión explosiva constituye una solución altamente satisfactoria de los problemas citados. El empleo de explosivos detonantes o altos explosivos para el labrado de metales, data, desde luego, del comienzo de siglo.



388081

Sin embargo, no comenzaron investigaciones serias sobre este asunto hasta los últimos años cuarenta y los años cincuenta de este siglo. En principio, la investigación se concentró en el empleo de explosivos detonantes para formar piezas de trabajo masivas que no pueden ser labradas convenientemente o de manera económica mediante otra técnica. No obstante, más recientemente la investigación se ha concentrado en la soldadura explosiva. Las industrias de la aviación y aeroespacial son, particularmente, activas en este campo, siendo la soldadura explosiva muy atractiva para tales industrias debido a la naturaleza exótica de los metales y aleaciones que emplean.

También ha tenido mucho éxito el revestimiento metálico explosivo que se emplea, por ejemplo, para fabricar la pieza en bruto de cuproníquel/cobre utilizada por el Gobierno de los Estados Unidos con el fin de fabricar su actual moneda.

En comparación con las dimensiones de los substratos y componentes electrónicos típicos, las piezas de trabajo que se sueldan o plaquean mediante las técnicas explosivas conocidas son realmente masivas. Por ejemplo, una aplicación típica de la técnica conocida consiste en plaquear una capa de titanio 14 en la superficie de un recipiente a presión cilíndrico de 5 m. de diámetro por 10 m. de largo y fabricado con acero de un espesor de 10 cm. Como otro ejemplo de las piezas de trabajo masivas tratadas con la técnica conocida en el antedicho plaqueado explosivo de existencia de



cuproniquel/cobre, se plaquea explosivamente una lámina de 3 m.x 6m. de cuproniquel de un grueso de 22 mm. sobre una lámina correspondientemente dimensionada de cobre de un espesor de 95 mm. que, a su vez, se  
5 plaquea explosivamente sobre una segunda lámina de cuproniquel de 22 mm. de grueso para formar el producto acabado.

A título de comparación, las piezas de trabajo en miniatura que se unen explosivamente de acuerdo con  
10 los métodos de la presente invención son varias magnitudes de orden más pequeño. Por ejemplo, un dispositivo de circuito integrado típico puede medir solamente 0,9 mm.x 0,9 mm. y los 16 o más terminales viga a unir al substrato están dispuestos en voladizo hacia el exterior del dispositivo y pueden medir solamente  
15 0,01 mm. de grueso por 0,05 mm. de ancho por 0,15 mm. de largo. Además, los substratos cerámicos o de vidrio típicos pueden medir sólo 10 cm. x 5 cm. x 0,5 mm. de grueso.

20 En las técnicas de unión explosiva conocidas, tales como las descritas, las piezas de trabajo a unir son colocadas próximas entre sí y se dispone sobre la superficie superior de una de las piezas de trabajo a unir una carga laminar de un alto explosivo como  
25 RDX(ciclotrimetileno trinitramina). Luego se dispone en un extremo del explosivo laminar un detonador de tipo comercial y se enciende desde una distancia no peligrosa por medio de una chispa eléctrica. Entonces explota el detonador, sobreviniendo, a su vez, una



explosión en la carga laminar de RDX. La fuerza provocada por esta última explosión impulsa la primera pieza de trabajo hacia la segunda pieza de trabajo, de manera que ambas se unen firmemente.

5           Debido al tamaño macizo de las piezas de trabajo empleadas en la técnica conocida, no son de interés particular, los productos accidentales de la explosión. No se produce contaminación de la pieza de trabajo ni deterioro de las superficies de las mismas. Si es necesaria una superficie "limpia", las piezas de trabajo pueden ser fácilmente labradas, chorreadas con arena o pulimentadas, hasta conseguir el acabado conveniente. Nuevamente a título de comparación, las piezas de trabajo a unir mediante los métodos de la presente invención, particularmente componentes electrónicos como circuitos integrados, son extremadamente sensibles a la contaminación. Además, a causa de su tamaño extremadamente pequeño, son muy difíciles, si no imposibles, el labrado, el chorreado con arena o la pulimentación de dichas piezas de trabajo para alisar sus superficies y quitar sus impurezas. Además, los substratos, tales como los de vidrio y cerámica son extremadamente frágiles y tienden a agrietarse o cuartearse cuando se someten a esfuerzos concentrados súbitos.

10

15

20

25

El empleo de una capa amortiguadora que se dispone entre la carga laminar de explosivo y la superficie superior de una de las piezas de trabajo es conocida en la técnica anterior. Sin embargo, en la



388081

técnica anterior dicha capa amortiguadora no se ha  
previsto con el fin de (y en realidad sería ineficaz  
para) proteger las superficies de las piezas de tra-  
bajo contra la contaminación química o reducir las  
5 concentraciones de esfuerzos en las piezas de trabajo.  
En la técnica conocida dichas capas amortiguadoras se  
han previsto más bien con el objeto de modificar las  
características del material explosivo secundario y,  
en particular, para disminuir la velocidad de detona-  
10 ción.

En el caso de piezas de trabajo macizas del  
tipo que se une por medio de las técnicas de unión  
explosiva conocidas pueden necesitarse varios cen-  
tenares de libras de explosivo. Es evidente que la  
15 explosión se debe efectuar puertas afuera, en las con-  
diciones de seguridad más cuidadosamente controladas.

Aun cuando no se conoce completamente el meca-  
nismo exacto en virtud del cual se forman uniones ex-  
plosivas con piezas de trabajo y cargas explosivas de  
20 este tamaño, se han desarrollado, mediante un método  
de tanteos, ciertas fórmulas que se refieren a la can-  
tidad de explosivo necesario para producir una unión  
satisfactoria en condiciones y dimensiones de pieza  
de trabajo dadas. Tales fórmulas son, en la mayor  
25 parte derivadas empíricamente y, por tanto, no dan  
resultados satisfactorios cuando se aplican a piezas  
de trabajo de varios órdenes de magnitud menores.

Un explosivo puede definirse como una subs-  
tancia química que sufre una reacción química rápida .



388081

durante la cual se generan grandes cantidades de sub-  
productos gaseosos y mucho calor. Existen muchos de  
tales productos químicos y se dividen en dos grupos  
principales: explosivos no detonantes, como pólvora  
5 y explosivos detonantes. La última categoría puede  
subdividirse además en explosivos iniciadores (o pri-  
marios) y explosivos secundarios. Los explosivos  
primarios son compuestos químicos altamente sensibles  
cuya explosión puede ser provocada mediante la aplica-  
10 ción a ellos de calor, luz, presión, etc. Ejemplos  
de explosivos primarios son las azidas y los fulmina-  
tos. Por el contrario los explosivos secundarios ge-  
neran más energía que los explosivos primarios cuando  
se provoca su explosión, pero son totalmente estables  
15 y relativamente insensibles al calor, luz o presión.  
En la técnica conocida, los explosivos primarios se  
emplean exclusivamente para iniciar la explosión en  
los explosivos secundarios de energía elevada.

Hablando con precisión, la diferencia entre un  
20 explosivo iniciador, como pólvora, y un alto explosi-  
vo, como TNT, estriba en la manera en que ocurre la  
reacción química. La diferencia fundamental está en-  
tre ignición (o deflagración) y detonación, no entre  
las sustancias explosivas mismas. Es muy común ha-  
25 llar que un explosivo puede deflagrar, o bien explo-  
tar, según el método de iniciación o la cantidad de  
explosivo empleada. Si la masa de materia explosiva  
es pequeña, la ignición térmica de la misma, por me-  
dio de una llama abierta, usualmente, sino siempre,

388081

27



da por resultado la deflagración, pero si la masa sobrepasa un cierto valor crítico, es posible que la combustión resulte tan rápida que determina un frente de onda de choque en el material explosivo y sobreviene la detonación. La masa crítica varía de explosivo a explosivo. Así, en el explosivo primario azida de plomo la masa crítica es demasiado pequeña para ser medida, en tanto que en el TNT es del orden de 900 Kg. Así, la aplicación de una llama abierta a una masa de TNT de, por ejemplo, 800 Kg., no produciría detonación, sino solamente deflagración. Sin embargo, la aplicación de la misma llama abierta a 1000 Kg. de TNT produciría una inmediata detonación. Por tanto, cantidades de explosivo secundario menores que la masa crítica deben ser detonadas mediante un choque intenso, por ejemplo mediante la detonación de un explosivo primario como una azida de plomo y en este caso no sirven para la unión de piezas de trabajo en miniatura.

Anteriormente a la presente invención, los explosivos primarios se han utilizado exclusivamente para iniciar la explosión en explosivos secundarios como TNT, dinamita y similares. Debido a que la masa crítica de dichos explosivos primarios es tan pequeña que no puede ser medida, son inaplicables las ecuaciones empíricas desarrolladas para el empleo de masas subcríticas de explosivos secundarios. Esto es debido principalmente a la diferencia de parámetros como la velocidad de detonación, de los explosivos

388081



primarios altamente sensibles, y los explosivos secundarios relativamente insensibles. La velocidad de detonación del explosivo primario fulminato de mercurio, por ejemplo, es aproximadamente de 2000 m. por seg., mientras que las velocidades de detonación de los explosivos secundarios TNT y nitroglicerina son aproximadamente de 6000 y 8000 m/seg. respectivamente. Puede hallarse una descripción más detallada de la termoquímica de explosivos en las publicaciones tituladas "Detonation in Condensed Explosives" por J. Taylor, publicada por Oxford University Press, Londres, en 1952 y "Explosive Working of Metals" por J.S. Rinehart y J. Pearson, editada por Macmillan, Nueva York, en 1963.

Sucintamente, la invención comprende, en una primera forma de realización preferida, un método para unir una primera pieza de trabajo a una segunda pieza de trabajo. El método comprende las etapas de: yuxtaponer dichas primera y segunda piezas de trabajo y provocar la explosión de un explosivo primario en la región de la unión deseada, de manera que la fuerza creada por la explosión de dicho explosivo primario impulsa por lo menos una de dichas piezas de trabajo hacia la otra, formándose con ello una unión explosiva entre las citadas piezas de trabajo.

Según una forma de realización de la invención, la explosión del material explosivo se lleva a cabo aplicando calor a la pieza de trabajo. En otras for-



mas de realización de la invención, la explosión se  
efectúa mediante la aplicación de luz, láser o ener-  
gía acústica al material explosivo. En otras formas  
de realización de la invención, la explosión se lle-  
5 va a cabo por medio de partículas alfa, ondas de cho-  
que, presión mecánica, un haz electrónico, campos mag-  
neticos o eléctricos alternativos, una descarga eléc-  
trica o la provisión (o retirada) de una atmósfera  
química. En algunas formas de realización, la fuer-  
10 za de unión se aplica directamente a los microcircuitos  
a unir. En otras formas de realización, la fuer-  
za de unión es aplicada a través de un medio de unión  
protector.

Otra forma de realización de la presente in-  
15 vención comprende un método para unir los microtermina-  
les de por lo menos un dispositivo similar a terminal  
viga a regiones correspondientes de una pieza de tra-  
bajo. El método comprende las etapas de colocar una  
carga de material explosivo próxima a cada uno de  
20 los microconductores a unir en una posición que im-  
pulsar los microconductores hacia la pieza de trabajo  
y produce la explosión del material explosivo para  
unir explosivamente los microconductores a regiones  
correspondientes de la pieza de trabajo. Como antes,  
25 puede provocarse la explosión del material explosivo  
mediante calor, luz, sonido, presión etc. y puede  
ser aplicado directamente a la pieza de trabajo o a  
través de un medio amortiguador protector, como ace-  
ro inoxidable, o una poliimida, como KAPTON.



La figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato que puede ser utilizado para depositar material explosivo sobre los microconductores de un dispositivo similar a terminal viga.

5 La figura 2 es una vista en planta parcial de una pluralidad de dispositivos con terminales viga, antes de la separación, y muestra con mayor detalle la manera como se deposita el material explosivo sobre dichos dispositivos.

10 La figura 3 es una vista en perspectiva de un sólo dispositivo de terminal viga y muestra con mayor detalle la situación del material explosivo sobre sus microconductores.

15 La figura 4 es una vista en sección parcial de un dispositivo de terminal viga antes de la unión explosiva del mismo a las zonas de contacto de un substrato.

20 La figura 5 es una vista en sección parcial del dispositivo de terminal viga ilustrado en la figura 4 después de haber sido explosivamente unido al substrato.

25 La figura 6 es una vista en sección parcial del dispositivo de terminal viga representado en la figura 4, que ilustra el empleo del elemento amortiguador situado entre el material explosivo y el dispositivo de terminal viga.

La figura 7 es una vista en perspectiva del elemento amortiguador ilustrado en la figura 6, que muestra con mayor detalle la situación de las cargas



explosivas dispuestas sobre el mismo.

5 La figura 8 es una vista en sección parcial del dispositivo de terminal viga ilustrado en la figura 6 después de haber tenido efecto la unión explosiva al substrato.

La figura 9 es una vista en perspectiva de un aparato para unir explosivamente, mediante la aplicación de luz, una pluralidad de dispositivos de terminal viga a un substrato.

10 La figura 10 es un diagrama, parcialmente ilustrativo y en parte esquemático, que muestra el empleo de luz procedente de un máser óptico para provocar la explosión del material explosivo.

15 La figura 11 es una vista en perspectiva de un aparato para unir explosivamente una pluralidad de dispositivos de terminal viga a un substrato mediante el empleo de luz enfocada desde una lámpara incandescente.

20 La figura 12 es una vista en perspectiva de un aparato que puede ser empleado para unir explosivamente una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato por medio de la aplicación de calor.

25 La figura 13 es una vista lateral de un aparato que se puede utilizar para unir una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato mediante el empleo de caldeo por inducción de corrientes de radiofrecuencia.

La figura 14 es una vista lateral de un aparato



que puede ser empleado para unir una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato mediante la utilización de caldeo dieléctrico por corrientes de radiofrecuencia.

5           La figura 15 es una vista en perspectiva de un aparato utilizable para unir una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato mediante el empleo de energía acústica.

10           La figura 16 es una vista lateral de un aparato empleable para unir una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato mediante la aplicación de presión mecánica simple a través de un medio concordante.

15           La figura 17 es una vista lateral de un aparato que puede ser empleado para unir una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato por medio de una descarga eléctrica que pase a través del material explosivo sobre los terminales viga.

20           La figura 18 es una vista en perspectiva de un aparato utilizable para unir una pluralidad de dispositivos de terminal viga a las zonas de contacto de un substrato por medio de un haz de electrones.

25           La figura 19A es una vista en sección de un dispositivo de terminal viga, que ilustra la manera en la que la superficie superior de los terminales viga se puede hacer ondulante con el fin de mejorar la calidad de la unión.

La figura 19B es una vista en sección similar



que representa la manera en que la superficie superior de los terminales viga puede ser almenada para aumentar la calidad de la unión.

5 La figura 20 es una vista en sección parcial que ilustra la manera en que las almohadillas de contacto de un dispositivo IC realizado a base de emplear dicha técnica (llamada en inglés "flip-chip") pueden ser unidas explosivamente a las zonas de contacto de un substrato.

10 La figura 21 representa una forma de realización en variante de la invención que puede ser ventajosamente utilizada para depositar vías metálicas conductoras sobre un substrato aislante.

15 La figura 22 ilustra el aspecto de acabado del aparato representado en la figura 21.

La figura 23 es una vista lateral de otra forma de realización de la invención en la que se proveen elementos de separación entre las piezas a unir para asegurar la constitución de una unión firme.

20 La figura 24 es una vista lateral de los elementos ilustrados en la figura 23 después de haber sido establecida una unión explosiva.

25 La figura 25 es una vista lateral de un medio amortiguador provisto de una pieza de trabajo con figuras geométricas fabricadas sobre un lado del mismo y una carga explosiva con figuras geométricas correspondientes sobre la otra superficie de dicho medio amortiguador.

La figura 26 es una vista en perspectiva del



medio amortiguador ilustrado en la figura 25 situado sobre un substrato al que se ha de unir el dibujo metálico.

5 La figura 27 es una vista en perspectiva del aparato ilustrado en la figura 26 después de haber sido formada la unión explosiva.

10 La figura 28 ilustra otra forma de realización de la invención que puede emplearse para fabricar condensadores de película delgada o gruesa mediante técnicas de unión explosiva.

La figura 29 representa la forma de realización representada en la figura 28 después de que el electrodo de un condensador ha sido unido explosivamente a un substrato.

15 La figura 30 es una vista del condensador representado en la figura 29, que ilustra la manera en que un contraelectrodo puede ser unido explosivamente a dicho condensador.

20 La figura 31 es una vista en perspectiva del condensador ilustrado en la figura 30, después de haber sido unido explosivamente al mismo el contraelectrodo.

Las siglas en las figuras representan:

25 S Figura 9  
Salida

Figuras 13 y 14  
FRF Fuente de radiofrecuencia

Figura 15  
OU Oscilador ultrasónico.

388081

27



Figura 17

FAV Fuente de alto voltaje

Figura 18

CC Circuito de control

5 La figura 1 representa un aparato que puede ser  
empleado para depositar una pequeña cantidad de mate-  
rial explosivo sobre los microconductores de un dis-  
positivo IC (circuito integrado) con terminales viga,  
o similar. Como se ilustra, un platillo semiconduc-  
10 tor revestido de cera 30, provisto de una pluralidad  
de dispositivos IC con terminales viga 31 fijados tem-  
poralmente al mismo, está colocado sobre la superficie  
inferior 32 de un recipiente rectangular hueco 33.  
El platillo 30 está imposibilitado de movimiento y ali-  
15 neado por medio de una pluralidad de primeras espigas  
de centrado 34 que encajan en una pluralidad correspon-  
diente de entrantes 35 del platillo 30. En las cua-  
tro esquinas del recipiente 33 se ha previsto una se-  
gunda pluralidad de espigas de centrado 38. Una pla-  
20 ca rectangular de estarcido 40, provista de una plura-  
lidad de aberturas orientada ortogonalmente 41, es  
apta para ser aplicada en el interior del contenedor  
33 de manera que las espigas de centrado 34 y 38 enca-  
jan en una pluralidad de orificios correspondientes 39  
25 de la placa de estarcido. Una vez efectuado así el  
encaje los orificios 41 quedan alineados con los termi-  
nales viga de los dispositivos IC 31.

Con referencia a la figura 2, como ya es cono-  
cido cada uno de los dispositivos con terminales viga



31 está provisto de una pluralidad de terminales viga de oro 42 dispuestos en voladizo respecto de dichos dispositivos. De acuerdo con técnicas de fabricación normales para tales dispositivos, antes de la separación, los terminales viga de cada dispositivo están entrelazados con los terminales viga de sus vecinos contiguos. Las espigas de centrado 34 y 38 (figura 1) alinean la placa de estarcido 40 de manera que las rendijas 41 de la misma quedan situadas entre cada par de dispositivos con terminales viga y cruzan los terminales viga 42 (figura 2), en la región de superposición.

Volviendo a la figura 1, una rasqueta o dispositivo de rodillo 43 provista de un rodillo de caucho 47 está deslizablemente montado en un bastidor (no ilustrado) que, a su vez, se halla fijado a las paredes del recipiente 33. El rodillo de caucho 47 es apto para encajar en el recipiente 33 y ser aplicado a la superficie superior de la placa de estarcido 40 cuando la misma es puesta en coincidencia con las espigas 34 y 38 y situada sobre el platillo 30 IC.

Durante el funcionamiento, el platillo, que sostiene los dispositivos IC cuyos terminales viga se han de revestir con material explosivo, se coloca sobre la superficie superior 32 del contenedor 33 y se alinea con la misma por medio de las espigas de registro 34. A continuación, la placa de estarcido 40 se coloca sobre el platillo alineado 30 y una cantidad dosificada de material explosivo se deposita desde



un recipiente adecuado sobre la placa de estarcido. Se provoca el descenso del dispositivo 43 y se aplica sobre la placa estarcidora, haciéndolo rodar con movimiento de avance y de retroceso para forzar el material explosivo hacia abajo a través de las rendijas 41 y, por tanto, sobre los terminales viga de cada dispositivo IC. Cuando ha sido consumida la cantidad dosificada de material explosivo, la placa estarcidora y el platillo se retiran del recipiente 33, permitiendo el secado del material. Luego, los dispositivos individuales IC son separados del platillo mediante una cualquiera de varias técnicas usuales.

Desde luego, es necesario seleccionar un explosivo que no sea tan sensible que la operación de fricción provoque la explosión prematura del mismo. Típicamente, el material explosivo se disuelve en alguna solución química que facilita el estarcido del explosivo sobre el dispositivo IC. Además el disolvente, puede inhibir la explosión prematura, por lo menos hasta que la solución se ha evaporado y el material explosivo está seco.

Puede apreciarse que la placa estarcidora 40 se puede substituir por un tamiz de seda (u otro dispositivo de estarcido equivalente) convenientemente configurados. Desde luego, pueden emplearse otras técnicas de impresión análogas para aplicar el explosivo a la pieza de trabajo. También se podrá apreciar que esta técnica para depositar una carga configurada de material explosivo sobre una pieza de trabajo que



388081

se ha de unir explosivamente no queda limitada necesariamente a piezas de trabajo en miniatura como dispositivos IC o a substratos. La técnica se puede emplear, por ejemplo, con piezas de trabajo mucho mayores. En realidad; mediante esta técnica se puede depositar asimismo una carga configurada de un explosivo secundario convencional sobre una pieza de trabajo, con tal de que dicho explosivo se disuelva en algún vehículo adecuado que lo haga lo suficiente móvil para pasar a través de los orificios de un estarcidor o un tamiz. En este último caso, la placa estarcidora o tamiz de seda se pueden utilizar nuevamente para estarcir la carga de material explosivo primario necesario para provocar la explosión del explosivo secundario.

La figura 3 ilustra el aspecto de un dispositivo de terminal viga después de haber sido revestido con material explosivo y separado de los dispositivos contiguos al mismo. Como puede apreciarse, sobre cada terminal viga 42 ha sido depositada una pequeña cantidad de material explosivo 48. Es evidente que la cantidad de material explosivo depositada, y por tanto la fuerza de unión producida cuando se provoca la explosión del material explosivo, se pueden controlar variando la anchura de las rendijas de la placa estarcidora y/o el espesor de dicha placa, lo cual afecta a la cuantía (es decir, ancho y altura) de material explosivo depositado sobre los terminales viga.

En algunas aplicaciones especiales, puede ser

388081



conveniente depositar cantidades desiguales de material explosivo sobre cada terminal viga. El aparato descrito se puede adaptar fácilmente a dicha necesidad mediante una combinación de los citados cambios en las rendijas de la placa estarcidora. Además, el aparato puede ser fácilmente adaptado para realizar diferentes configuraciones de circuito IC, o distintas disposiciones de substrato, simplemente substituyendo para ello una placa estarcidora convenientemente configurada. Si se desea, el aparato puede tener capacidad para un dispositivo individual IC, mediante el empleo de un soporte adecuadamente dimensionado para dicho dispositivo. Ventajosamente, las rendijas del estarcidor están dispuestas para depositar el material explosivo sobre cada terminal viga no más cerca de la parte principal del dispositivo que  $1/3$  de la longitud del terminal viga y no más distantes del dispositivo que  $2/3$  de la longitud del terminal viga. Ventajosamente, el promedio de distancia empleado en la práctica equivale aproximadamente a la mitad de la longitud de un terminal viga.

Como se ha dicho anteriormente, en la unión de piezas de trabajo en miniatura es imposible el empleo de un alto explosivo secundario que se hace detonar por medio de un detonador. Sin embargo, se ha descubierto que se pueden utilizar explosivos primarios para unir dichas piezas de trabajo en miniatura. De los muchos explosivos primarios conocidos, las azidas y los fulminatos son probablemente los que



se comprenden mejor, si bien otros muchos compuestos químicos presentan características similares y pueden ser igualmente utilizados para la unión explosiva de piezas de trabajo en miniatura. La elección del explosivo primario particular a emplear en alguna aplicación de unión determinada está en función de la cuantía de fuerza explosiva necesaria y/o la manera en que es conveniente para iniciar la detonación. Ventajosamente, la detonación del explosivo primario, de acuerdo con la invención, puede ser efectuada mediante la aplicación de calor, luz, sonido, presión, ondas de choque y la introducción (o retirada) de una atmósfera química adecuada. Por ejemplo, si se utiliza luz como mecanismo de detonación, se puede emplear como explosivo primario nitruro de plata ( $Ag_3N$ ) o acida cuprosa ( $Cu(N_3)_2$ ). Si la detonación se realiza por medio de fuerza y presión mecánicas, son utilizables como explosivos primarios fulminato de mercurio ( $C_2N_2O_2Hg$ ) o acida de plomo ( $Pb(N_3)_2$ ).

La Tabla A, que sigue, enumera algunos de los compuestos de acida más corrientes, junto con sus temperaturas de detonación críticas.

38808 1<sup>2</sup>



TABLA A

EXPLOSIVOS DE ACIDA MAS CORRIENTES

	<u>Compuesto</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Temperatura de detonación crítica en °C</u>
5	Acida de plomo	$Pb(N_3)_2$	350
	Acida de plata	$Ag(N_3)_2$	300
	Acida de titanio	$Ti(N_3)_3$	350
	Acida de boro	$B(N_3)_2$	---
	Acida de silicio	$Si(N_3)_4$	---
10	Acida mercúrica	$Hg(N_3)_2$	460
	Acida de cobre	$Cu(N_3)_2$	215
	Acida de cadmio	$Cd(N_3)_2$	144
	Acida de amonio	$NH_4(N_3)$	170
	Acida mercuriosa	$Hg_2(N_3)_2$	210

15 La Tabla B, que sigue, enumera algunos de los compuestos de fulminato más corrientes, junto con sus temperaturas de detonación críticas.

TABLA B

EXPLOSIVOS DE FULMINATO MAS CORRIENTES

	<u>Compuesto</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Temperatura de detonación crítica en °C</u>
20	Fulminato de mercurio	$Hg(ONC)_2$	190
	Fulminato de plata	$Ag(ONC)_2$	170
	Fulminato de cobre	$Cu(ONC)_2$	---

25 La Tabla C, que sigue, enumera algunos de los compuestos de explosivos primarios junto con sus temperaturas de detonación críticas.

38808 127



TABLA C

EXPLOSIVOS PRIMARIOS DIVERSOS

	<u>Compuesto</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Temperatura de detonación crítica en °C</u>
5	Acetiluro mercuríco	HgC <sub>2</sub>	260
	Acetiluro mercurioso	Hg <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	280
	Acetiluro de cobre	CuC <sub>2</sub>	280
	Acetiluro de plata	Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	200
	Estifnato de plomo	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O <sub>9</sub> Pb	295
10	Estifnato de bario	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O <sub>9</sub> Ba	285
	Nitruro de plata	Ag <sub>3</sub> N	155
	Tetraceno	---	200
	Diazodinitrofenol (DDNP)	HOC <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> N(:N)	180

Las tres citadas tablas no son de ningún modo enteramente inclusivas Existen otros muchos compuestos químicos inestables que pueden clasificarse como explosivos primarios y que, en adecuadas condiciones de temperatura y presión, podrían ser concebiblemente utilizados para la unión explosiva de piezas de trabajo en miniatura. No obstante, los explosivos enumerados en las tablas anteriores son a este respecto, de primordial interés.

En la figura 4 se ilustra una vista en sección del dispositivo de circuito integrado 31 antes de ser unido a las zonas de contacto de un substrato cerámico 52. Sobre la superficie superior de las zonas de contacto 50 se representa una película delgada de grasa 51, impurezas, óxido metálico u otros contaminantes. Sobre la superficie de los terminales viga 42 se hallará

- 301-388081.2 -



generalmente presente una película similar, pero para mayor claridad, esta película se ha omitido en el dibujo.

Se apreciará que cada terminal viga está curvado hacia arriba y separado del substrato, formando con el plano del mismo un pequeño ángulo  $\alpha$ . Con el objeto de efectuar una unión entre un terminal viga y la correspondiente zona de contacto del substrato, la carga explosiva 48, cuando se hace detonar, debe impulsar el terminal viga hacia abajo contra la zona de contacto con una velocidad de impacto lo suficientemente elevada para que la presión de impacto resultante sea de bastante magnitud de manera que determine la sustancial deformación plástica de las piezas de trabajo a unir. Así, la presión de impacto debe sobrepasar considerablemente los límites elásticos de los materiales de que se fabrican las piezas de trabajo.

Un importante aspecto de la unión explosiva es el fenómeno conocido por "salir a chorro", es decir el proceso de deformación del material que ocurre cuando dos piezas de trabajo metálicas chocan entre sí con velocidad de impacto suficientemente elevada para producir deformación plástica de las piezas de trabajo metálicas y la formación de un "chorro" reentrante de material entre las piezas de trabajo, como se ilustra por medio de las flechas 49 en la figura 4. La formación de este "chorro" de material fundido es importante para establecer una unión firme, a medida que retira algunas impurezas y óxidos que pueden hallarse presentes en las superficies de las piezas de trabajo a unir y



pone a las superficies metálicas vírgenes recientemente descubiertas en contacto íntimo con el choque de presión elevada. A pesar de lo expuesto, algunos materiales de pieza de trabajo, por ejemplo, oro, se pueden unir satisfactoriamente aun sin la presencia del "chorro". Esto es debido a las superficies inherentemente libres de óxido de dichos materiales. En tal caso, el ángulo que se forma entre el terminal viga y el substrato resulta menos crítico y en algunas ocasiones incluso no es importante.

La presión de impacto necesaria para unir un terminal viga a la correspondiente zona de contacto de substrato se puede calcular partiendo del dato "choque Hugoniot" para los materiales de pieza de trabajo. Una vez se conoce la presión de impacto necesaria para la unión puede calcularse la velocidad de impacto. Esto da, a su vez, la necesaria relación entre carga explosiva de impulso y masa metálica (C/M) y, por tanto, la cantidad de explosivo necesaria para una operación de unión determinada.

Sin embargo el fenómeno de chorro conveniente sólo ocurre si el ángulo de impacto,  $\beta$ , en el punto de choque sobrepasa un cierto valor crítico. Además, puede existir un estado de chorro estable o un estado de chorro inestable, no siendo este último conveniente porque da por resultado una unión de escasa calidad.

Tendrá efecto un chorro estable si el punto de choque en que se encuentran primero las dos superficies se desplaza a lo largo de la superficie de contac-

388081



to con una velocidad igual o mayor que la velocidad de  
 señal más elevada en uno u otro de los dos materiales de  
 pieza de trabajo. La Tabla D que sigue, enumera la ve-  
 locidad de sonido en varios metales típicos y, en compa-  
 5 ración, la Tabla E enumera la velocidad de detonación  
 de varios explosivos primarios típicos.

TABLA D

TABLA E

<u>Velocidad del sonido en va- rios metales típicos.</u>		<u>Velocidad de detonación de varios explosivos primarios.</u>	
<u>Metal</u>	<u>Velocidad (m/seg.)</u>	<u>Explosivo.</u>	<u>Velocidad de de- tonación (m/seg)</u>
10 Oro	2030	Acida de plomo.	4000
Plata	2680	Estifnato de plomo	5000
Aluminio	5000	Fulminato de mercurio	5050
Platino	2800	DDNP	6800

15 Si las dos piezas de trabajo a unir se disponen  
 paralelas entre si, la velocidad del punto de choque es  
 igual a la velocidad de detonación de la carga explosi-  
 va de impulso. Así puede apreciarse que mediante la  
 elección de un material explosivo apropiado para los  
 tipos de metales comunmente empleados para microconduc-  
 20 tores y zonas de contacto en la industria electrónica,  
 la velocidad del punto de choque sobrepasará siempre la  
 velocidad sónica de propagación.

25 En realidad, si la velocidad de punto de choque  
 sobrepasa de manera importante la velocidad sónica de  
 propagación en los materiales de pieza de trabajo, se  
 aprecia otro efecto inconveniente. El mismo consiste  
 en la producción de ondas de expansión en la pieza de  
 trabajo, que tienden a separar las superficies internas



388081

de las mismas y a destruir o debilitar la unión inmediatamente después de su formación. La situación ideal existe cuando la velocidad del punto de choque sobrepasa ligeramente a la velocidad sónica de propagación de manera que tiene lugar chorro estable, no produciéndose, sin embargo, ondas de expansión. Para configuración paralela, se puede conseguir dicho estado moderando para ello la velocidad de detonación del material explosivo, por ejemplo, mediante la adición al mismo de materiales inertes tales como parafina líquida o creta francesa, o bien reduciendo la densidad del explosivo. Por ejemplo, la adición de un 30% de parafina líquida a azida de plomo disminuirá la velocidad de detonación desde 4000 m/seg. hasta 500 m/seg., pero es difícil controlar el proceso de mezcla y con frecuencia no se pueden predecir los resultados.

Por tales razones, se deben utilizar otros medios para reducir la velocidad del punto de choque.

Si las piezas de trabajo a unir no se mantienen paralelas, sino que más bien están alineadas de manera que forman entre sí un pequeño ángulo  $\alpha$ , la velocidad del punto de choque no es mayor que la velocidad de detonación del material explosivo, pero cae dentro de alguna fracción de la misma.

Así, variando la configuración de la unión, se puede ajustar la velocidad del punto de colisión de manera que es sólo ligeramente mayor que la velocidad sónica de propagación en los materiales de pieza de trabajo, que es el estado óptimo.



Como se ha explicado anteriormente, existe un ángulo crítico de contacto  $\beta$  para la colisión por debajo del cual no ocurre usualmente el efecto de chorro y unión satisfactoria. Para configuración paralela se puede aumentar  $\beta$  incrementando para ello la relación de carga explosiva a masa (C/M). Sin embargo, si se intenta esto con configuración no paralela, tal como se ilustra en la figura 4, se halla que la velocidad de punto de colisión también aumenta. De este modo se produce una reacción entre el cambio del ángulo de impacto  $\beta$  de manera que sobrepasa el ángulo crítico por debajo del cual no ocurre efecto de chorro y el descenso de la velocidad del punto de colisión hasta aproximadamente la velocidad sónica en los materiales de pieza de trabajo. Sin embargo, a pesar de dicha reacción, para piezas de trabajo del tipo ilustrado en la figura 4, y explosivos primarios de los tipos enumerados en las Tablas A, B y C, existe una amplia gama de orientaciones densidades de carga y compuestos explosivos que al mismo tiempo satisfarán todos los citados criterios y producirán uniones de sonido firmes. Como un ejemplo de una unión específica, que ha sido producida de acuerdo con los métodos de la presente invención, se ha unido un alambre de oro de 0,05 mm. por 0,12 mm. a un substrato cerámico chapado de oro por medio de aproximadamente 25 a 40  $\mu$  gramos de azida de plomo. Se efectuó la detonación por medio de una descarga eléctrica procedente de una fuente de corriente continua de 3 voltios. El alambre formaba un ángulo de menos de 5° con el plano



del substrato. Además se ha descubierto que la unión es facilitada si la temperatura del substrato es elevada hasta 175° antes de hacer pasar la descarga eléctrica a través del substrato.

5 La figura 5 ilustra el dispositivo con terminales viga representado en la figura 4 después de haber sido unido explosivamente al substrato. Los terminales viga -42- son ahora, desde luego, aplanados y substancialmente paralelos al substrato. Se notará una pequeña zona de descoloración o corrosión 53 sobre cada terminal viga en la región anteriormente ocupada por material explosivo -48. Sin embargo, esta descoloración y corrosión, no afecta a la resistencia mecánica o características eléctricas de los terminales viga en un grado apreciable.

10

15

En la unión explosiva de piezas de trabajo masivas, el explosivo se dispone sobre la superficie superior de la pieza de trabajo como una carga laminar. No obstante en los métodos de la presente invención no se deposita como una carga laminar, sino más bien como una carga de punta. De este modo, la región 54 en la que ocurre realmente la unión no se extiende sobre toda la zona del terminal viga. Sin embargo, esto no tiene gran importancia, ya que se aproxima a la configuración que ocurre en otras técnicas de unión satisfactorias, tal como termocompresión o unión ultrasónica.

20

25

Como se ha explicado anteriormente, debido al tamaño de las piezas de trabajo y a las cantidades extremadamente grandes de materiales explosivos empleados la unión explosiva convencional se realiza generalmente



puertas afuera. De este modo, los subproductos acci-  
dentales de la explosión son descargados rápidamente en  
la atmósfera. Además, en la técnica conocida, las pie-  
zas de trabajo masivas utilizadas no son particularmente  
5 sensibles a la contaminación por dichos subproductos.  
No obstante, esto no es necesariamente verdadero por lo  
que se refiere a las piezas de trabajo en miniatura con  
las que se relaciona la presente invención, particular-  
mente circuitos integrados y similares. Aquí, los sub-  
10 productos de la explosión, tanto gaseosos como en par-  
tículas, constituyen una verdadera amenaza de contami-  
nación en el material de silicio o germanio de los que  
se fabrican los dispositivos activos de los circuitos  
integrados. En ciertas circunstancias, dicha contami-  
15 nación puede alterar las características de funciona-  
miento de los dispositivos o, lo que es peor, hacerlos  
totalmente inactivos. Sucede lo mismo, en menor cuan-  
tía, con los condensadores de película delgada y dispo-  
sitivos de resistencia que pueden ser fabricados tam-  
20 bién sobre el mismo substrato. Afortunadamente, se ha  
descubierto que dicha contaminación puede ser evitada,  
en parte, realizando la unión explosiva en un vacío  
parcial, por ejemplo, mediante el empleo de un recipien-  
te de vacío esférico convencional. Además, extrayendo el  
25 aire que se halla normalmente presente entre las piezas  
de trabajo, el vacío parcial tiende a incrementar la  
impulsión de la pieza de trabajo, con lo que se aumenta  
la calidad de la unión. Como una variante en el em-  
pleo de un vacío parcial, la unión explosiva se puede



efectuar a través de un amortiguador intermedio, tal como una capa de plástico, por ejemplo, la poliimida suministrada con la marca registrada "KAPTON" de la firma E.I. Dupont de Nemours Co. Como medio amortiguador puede emplearse también material metálico, por ejemplo, acero inoxidable, o similar.

Las figuras 6 y 7 ilustran la utilización de dicha capa amortiguadora en una operación de unión explosiva. Como se representa, sobre la superficie superior de un dispositivo de terminal viga 31 se dispone una película de plástico (por ejemplo una película de KAPTON de 0,07 mm. de espesor) o material metálico (por ejemplo, acero inoxidable tipo 303 de un grueso de 0,05 mm.) 60 provisto de varias aberturas 61. El material explosivo 48, que anteriormente se ha depositado directamente sobre los terminales viga 42, se deposita ahora sobre la superficie superior de la película 60. Adicionalmente, si la película 60 es de plástico y, además, transparente, la alineación de las cargas explosivas con los terminales viga de los dispositivos de circuito integrado, puede ser facilitada, por ejemplo, mediante el empleo de la técnica de alineación descrita en la solicitud de patente estadounidense serie nº 820.179 de F. J. Jannet, solicitada en fecha 29 de abril de 1969.

La colocación de las cargas explosivas sobre la película amortiguadora puede efectuarse por medio del aparato ilustrado en la figura 1, o mediante el empleo de un tamiz de seda configurada o impresa sobre la película, a modo de rotograbado, por medio de un rodillo

388081



de caucho o metálico adecuado provisto de una superficie en relieve que se corresponde con las posiciones convenientes de las cargas explosivas.

La figura 8 ilustra el dispositivo de terminal viga representado en la figura 6 después de haber sido detonado el material explosivo 48. Como en el caso ilustrado en la figura 5, los terminales viga 42 son ahora sustancialmente paralelos al substrato 52 y están unidos a las zonas de contacto del substrato en puntos 54. La película amortiguadora 60 es forzada hacia abajo alrededor del dispositivo 31 por efecto de la explosión, pero no se rompe. En consecuencia, se evita que los subproductos accidentales de la explosión alcancen las porciones sensibles del substrato y se impide por completo su deterioro. Aunque en la figura 6 la lámina amortiguadora 60 se ilustra perforada de manera que puede ser montada sobre los dispositivos de terminal viga, se apreciará que la citada lámina 60 puede ser curvada, mejor que perforada y en este caso serviría también para proteger el dispositivo IC, así como el substrato, de la contaminación. Después de haber sido efectuada satisfactoriamente la unión, la película amortiguadora 60 puede ser separada del substrato. Sin embargo, si la película se fabrica de material plástico y se deja en el substrato, no se producirán efectos perjudiciales.

Como se ha explicado con anterioridad, la detonación del explosivo primario de acuerdo con la presente invención, puede ser realizada ventajosamente me-



dian­te ex­po­si­ción a la luz.

La Tabla F, que sigue, enumera algunos de los compuestos explosivos primarios que tienen la citada propiedad, junto con la intensidad de luz mínima necesaria para iniciar su detonación.

TABLA F  
COMPUESTOS EXPLOSIVOS FOTOSENSIBLES

<u>Compuesto</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Intensidad luminosa en Julios</u> cm <sup>2</sup>
Azida de plata	AgN <sub>3</sub>	2,6
10 Nitruro de plata	Ag <sub>3</sub> N	0,2
Acetiluro de plata	Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	0,8
Fulminato de plata	AgONC	2,1
Azida de plomo	Pb(N <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,0

El mecanismo que hace que tales y otros compuestos primarios similares sean sensibles a la detonación por medio de la luz no se comprende del todo. Según una teoría, la luz es absorbida en una capa superficial delgada del material explosivo y en 50 microsegundos se degrada en calor. Entonces se cree que la explosión se produce por un mecanismo térmico normal. Otra teoría supone que la explosión ocurre como resultado de una descomposición fotoquímica directa de la materia explosiva. Sin embargo, prescindiendo de la teoría, dichos compuestos pueden ser detonados mediante la aplicación de luz a los mismos y sirven para la unión explosiva de piezas de trabajo en miniatura.

La figura 9 ilustra un aparato que se puede emplear para unir explosivamente los terminales viga de un dispo-

38808 17



sitivo IC y que utiliza luz como mecanismo detonante. Se apreciará que este aparato puede también ser empleado para unir otros tipos de piezas de trabajo, por ejemplo, para unir explosivamente vías metálicas conductoras sobre un substrato cerámico o de vidrio o para unir explosivamente los elementos de condensadores, dispositivos de resistencia, etc. a un substrato. Lo mismo puede decirse de los otros aparatos que se describirán con referencia a las figuras 10 a 18. El ejemplo ilustrativo de unión de los terminales de un dispositivo IC a zonas de contacto correspondientes de un substrato no es limitativo, sino que constituye solo un ejemplo. Los terminales viga de los dispositivos 60 a unir son revestidos con una cantidad de explosivo primario sensible a la luz, por ejemplo, azida de plata, y luego los dispositivos se alinean con las zonas de contacto del substrato 63 de una manera convencional. Si interesa, los dispositivos pueden ser unidos temporalmente al substrato por medio de una gota de alcohol o similar. Luego el substrato 63 se coloca en el interior de un recipiente de vacío de vidrio 64 que es extraído por medio de un tubo de aspiración 65 y una bomba 66. Al exterior del recipiente de vacío se disponen una o más lámparas relámpago 67, por ejemplo, lámparas relámpago de cuarzo llenas de cripton, de manera que la luz generada por los tubos caerá sobre el material fotosensible de los terminales viga. Evidentemente, el recipiente de vacío 64 debe ser "transparente" a la energía luminosa procedente de las lámparas 67. Por ello, el recipiente de vacío tiene que ser fabrica-



do enteramente de cristal o cuarzo o estar provisto en sus paredes de una o más ventanas de vidrio o cuarzo. Las lámparas relámpago 67 están conectadas por medio de un par de conductores 68 a un interruptor 69 y, por ello, a una fuente adecuada de potencial de activación 70.

En el funcionamiento, el interruptor 69 se cierra para completar un circuito desde la fuente 70 a las lámparas relámpago 67. De una manera ya conocida, las lámparas se encienden y generan una intensa ráfaga luminosa que pasa a través de las paredes o ventanas del recipiente de vacío 64 y toca cada terminal viga, produciendo su detonación y uniéndose explosivamente cada uno de los dispositivos IC 62 al substrato 63.

La acida de plata es principalmente sensible a la luz en la gama ultravioleta ( $\lambda = 3500$  unidades  $\text{\AA}$ ) y las lámparas relámpago llenas de criptón del tipo ilustrado en la figura 9 producen energía más que suficiente en dicha gama ultravioleta para detonar la acida de plata fotosensible. La duración típica del relámpago de las lámparas relámpago 67 es aproximadamente de 60 microsegundos y la explosión de la acida de plata ocurre generalmente dentro de los 20 microsegundos siguientes. Según la Tabla F, la intensidad luminosa crítica necesaria para detonar acida de plata es de  $2,6 \text{ julios/cm}^2$  que corresponde a  $8 \times 10^{-4} \text{ calorías/mm}^2$ . Dicha intensidad luminosa crítica es independiente de la masa de material explosivo utilizado, por lo menos en la gama de 200 a 1500 microgramos. Los subproductos accidentales de la explosión son, como se ha explicado antes, extraídos del

38808 17



recipiente de vacío 64 por la bomba 66. Sin embargo, en aplicaciones donde dichos subproductos no son perjudiciales, los procesos de unión pueden, desde luego, ser realizados en una atmosfera normal. Desde luego, es posible el empleo de una película de plástico transparente colocada sobre los dispositivos IC, con tal de que la intensidad de la lámpara relámpago sea suficiente para compensar alguna pérdida de la energía luminosa al pasar a través de la película transparente. Además, dicho método de detonación se puede también emplear con un elemento amortiguador transparente aplicado explosivamente en forma de capa sobre el dispositivo IC y el sustrato.

Si la intensidad luminosa de las lámparas relámpago 67 no es suficiente, se pueden proveer lámparas adicionales o bien se puede disponer frente a cada lámpara un sistema de lente simple (no ilustrado) para concentrar la energía luminosa de la lámpara y aumentar de esta manera la intensidad luminosa por encima del valor crítico necesario para detonar el explosivo.

También se ha descubierto que es posible emplear un haz de láser, mas bien que la lámpara relámpago representada en la figura 9 para detonar el explosivo fotosensible. Como se ilustra en la figura 10, la luz de un láser 71 impulsado o conmutado en Q es expandida por un ensanchador de haz de orificio pequeño 72 y colimada por una lente 73. Luego el haz colimado de energía de láser es dirigido sobre los dispositivos IC 62 del sustrato 63, provocando la detonación de la acida de plata, o de otro explosivo primario fotosensible, depositado



sobre los terminales viga de dichos dispositivos. De nuevo, el substrato y los dispositivos IC se pueden colocar dentro de un recipiente vacío transparente, si interesa, y la energía de láser puede ser aplicada a través de las paredes del recipiente para detonar el material explosivo fotosensible.

Contrariamente a lo que podría esperarse, la cantidad de energía luminosa requerida para iniciar la detonación de un explosivo fotosensible varía inversamente con la duración del relámpago. Así, un relámpago más prolongado, como el que se podría obtener, por ejemplo, de una lámpara relámpago llena de magnesio, tendría que ser varias veces tan intenso para producir la detonación del mismo material explosivo. Además, debido al retardo térmico, si la duración del relámpago es demasiado grande, el material explosivo deflagrará mas bien que detonará, prescindiendo de la intensidad. Así, el empleo de fuentes luminosas impulsadas es, hablando en términos generales, preferible a la utilización de una fuente luminosa continua.

La figura 11 ilustra el empleo de una fuente luminosa convencional para unir explosivamente una pluralidad de dispositivos de viga a un substrato. Como se representa, una lámpara incandescente de cuarzo 74 se dispone en el foco de un reflector elipsoidal 75. El filamento de la lámpara 74 está conectado por un circuito 76 y un interruptor 77 a una fuente adecuada de potencial de activación 78. Cuando se cierra el interruptor 77 y se activa la lámpara 74, la luz enfocada de la misma



incide sobre la superficie del substrato 63 y provoca la detonación del explosivo fotosensible depositado sobre los terminales viga de los circuitos integrados a unir.

5 Realmente, debido al intenso calor que es generado por las lámparas de dicho tipo, que se puede considerar como de 5 kilovatios, resulta difícil decir si es la energía luminosa o la energía térmica procedente de la lámpara la que inicia la explosión. Como en los ejemplos anteriores, el substrato y los dispositivos I<sup>2</sup>F pueden ser colocados en el interior de un recipiente de vacío de vidrio o de cuarzo y la luz de la lámpara incandescente se puede enfocar a través de las paredes transparentes del recipiente de vacío. Esto, desde luego, proporciona una protección contra la contaminación provocada por los subproductos de la explosión.

10

15

Se ha descubierto que en los métodos de unión explosiva de acuerdo con la presente invención la sensibilidad de umbral de ciertos explosivos fotosensibles puede reducirse mediante la adición a los mismos de otros

20

elementos. Por ejemplo, mezclando aproximadamente un 28% en peso de oro en polvo con el polvo de acida de plata, se disminuye de manera importante la energía luminosa mínima necesaria para iniciar la detonación de la mezcla.

25 En alguna aplicación que emplea explosivos fotosensibles, es necesario aplicar el explosivo a los terminales viga de los dispositivos a unir en obscuridad total, o por lo menos con niveles de iluminación que son lo suficientemente bajos de manera que no existe peligro de



detonación prematura del explosivo.

Ventajosamente, la detonación del explosivo  
primario, de acuerdo con la invención, puede efectuarse  
químicamente. Así, si el substrato y los dispositivos  
5 de terminal viga que se han de unir se colocan dentro  
de un recipiente, por ejemplo, un recipiente de vacío y  
se permite la circulación sobre el substrato de una at-  
mósfera química adecuada, la reacción que se produce en-  
tre el explosivo primario y la atmósfera química inicia-  
10 rá la detonación del explosivo y se realizará la unión.

A otros explosivos primarios se les impide la  
explosión mediante la presencia de una atmósfera química  
apropiada. Por ejemplo, la detonación de yoduro de ni-  
trógeno ( $\text{Ni}_3\text{.NH}_3$ ) es impedida por la presencia de amonia-  
15 co ( $\text{NH}_3$ ) o vapor de agua. Así, si el explosivo primario  
se aplica a los terminales viga de un dispositivo IC en  
presencia de una atmósfera inhibitoria como la citada,  
es posible llevar a cabo la detonación y la unión, des-  
pués de que el dispositivo ha sido adecuadamente coloca-  
20 do sobre las zonas de contacto de un substrato, extrayen-  
do la atmósfera inhibitoria. En cualquiera de los casos  
citados, se debe procurar que la atmósfera química no  
afecte de manera perjudicial a los dispositivos IC o a  
los substratos,

25 También se ha descubierto que la unión explosi-  
va de piezas de trabajo en miniatura puede realizarse  
mediante el empleo de explosivos primarios que se hacen  
detonar por otros medios. La figura 12, por ejemplo,  
ilustra un método para unir explosivamente varios dis-

388081 27



positivos IC a un substrato mediante la aplicación de calor a la superficie inferior del substrato. Como se representa, el substrato 63, con varios dispositivos IC 62 temporalmente unidos al mismo, se coloca sobre la superficie de un susceptor metálico plano 79. Dentro del cuerpo del susceptor 79 están montados varios calentadores tipo cartucho 80 conectados por medio de un circuito 81 y a través de un interruptor 82 a una fuente de potencial apropiada 83. Cuando se cierra el interruptor 82, los calentadores de cartucho aumentan rápidamente la temperatura del susceptor y, por ello, la del substrato, de manera que cuando se alcanza la temperatura de detonación crítica del material explosivo depositado sobre los terminales viga, detona el explosivo para unir explosivamente los dispositivos IC al substrato. De nuevo, para evitar la deflagración del material explosivo, se debe mantener la inercia térmica del sistema tan baja como sea posible.

Como se puede apreciar en las Tablas A, B y C anteriores, la temperatura de detonación crítica de los explosivos primario del tipo destinado a ser empleado en la presente invención oscila entre 150°C hasta por encima de los 400°C, detonando la mayoría de los compuestos en la gama de temperaturas de 280°C a 300°C. La temperatura máxima a la que se puede llegar con seguridad en un dispositivo de circuito integrado es del orden de 350°C aunque puede ser sobrepasada durante cortos intervalos de tiempo sin perjuicio para el dispositivo. Es evidente que puesto que la temperatura de detonación crítica de



la mayoría de los dispositivos primarios se halla bien por debajo de la temperatura de seguridad máxima para los dispositivos IC, la detonación del material explosivo primario mediante la aplicación directa de calor al substrato no supone peligro real para las características y funcionalidad de los dispositivos IC fabricados. El calor necesario para iniciar la detonación se puede aplicar al substrato por otros medios que no sea inducción térmica procedente de un susceptor calentado. Con referencia a la figura 11, si la lámpara de cuarzo 74 se sustituye por una fuente de rayos infrarrojos, la energía radiante focalizada procedente de la misma elevará rápidamente la temperatura del substrato por encima de la temperatura de detonación crítica y se producirá nuevamente la unión explosiva. Como anteriormente, la energía radiante de la lámpara 74 se puede aplicar a través de las paredes de un recipiente de vacío de vidrio, si interesa, para efectuar la unión explosiva en un vacío parcial.

La figura 13 ilustra otra técnica que se puede utilizar para elevar la temperatura de un dispositivo con el fin de iniciar la detonación del material explosivo depositado sobre los terminales viga de dicho dispositivo. Como se representa, el substrato 63 al que están unidos temporalmente dispositivos provistos de terminales viga 62, se coloca sobre un elemento de soporte no metálico adecuado 84. Una bobina de inducción 85 rodea el elemento de soporte 84 y está conectada a través de dos conductores 86 a una fuente de energía de



hiperfrecuencia 87. Cuando es activada la fuente 87, una corriente alterna de hiperfrecuencia circula a través de los arrollamientos de la bobina 85 y son inducidas corrientes parásitas en todas las porciones metálicas del substrato y los dispositivos IC. Tales corrientes parásitas aumentan rápidamente la temperatura de los terminales viga por encima de la temperatura de detonación crítica del compuesto explosivo depositado sobre dichos terminales, de manera que el compuesto explosivo detona uniéndose los dispositivos del substrato.

La figura 14 ilustra el empleo análogo de calentamiento dieléctrico, mas bien que de calentamiento por inducción, para elevar la temperatura del substrato. Como se representa, el substrato 63, con los dispositivos IC 62 unidos al mismo, se coloca entre las placas de condensador 88 de un horno dieléctrico 89. Una lámina de material plástico 90 puede ser dispuesta entre el substrato 63 y cada placa 88 para evitar el deterioro físico de los dispositivos IC y el substrato durante el proceso de unión. Las placas 88 están conectadas mediante un circuito 91 a una fuente de hiperfrecuencia 92 que, cuando es activada, suministra una corriente alterna de frecuencia elevada a las placas de condensador 88. El campo eléctrico alterno que es rápidamente engendrado entre las placas 88 induce excursiones de histéresis en el substrato cerámico no conductivo, cuyas excursiones elevarán rápidamente la temperatura del substrato, y por ello la de los terminales viga, por encima de la temperatura de detonación crítica del material explosivo dis-



puesto sobre los terminales viga. No está completamente claro si el compuesto explosivo es calentado directamente por las pérdidas de histeresis o por conducción térmica desde el sustrato calentado pero, en cualquier caso, el efecto neto es detonar el explosivo y unir cada uno de los terminales viga al sustrato.

La detonación del explosivo primario puede efectuarse ventajosamente de acuerdo con la invención mediante la aplicación de choque mecánico o vibración al explosivo. Para detonar el material explosivo puede utilizarse, por ejemplo, energía acústica. Con referencia a la figura 15, el sustrato y los dispositivos IC a unir se colocan debajo del extremo de salida de una trompa acústica 93 que está acoplada a un oscilador ultrasónico 94. Cuando se activa el oscilador ultrasónico 94, genera ondas ultrasónicas que son propagadas por la atmósfera por la trompa 93. Las ondas acústicas procedentes de la trompa 93 chocan contra la superficie del sustrato, así como contra el material explosivo presente en los terminales viga de los dispositivos IC a unir al sustrato y, si el nivel de energía del oscilador ultrasónico 94 es suficientemente elevado, se inducen ondas de choque en el material explosivo que son de bastante magnitud para determinar la detonación del material explosivo y unir los dispositivos al sustrato. En este ejemplo, no es posible realizar la unión en un vacío, porque las ondas acústicas no se propagan en un vacío. Sin embargo, se puede obtener esencialmente el mismo grado de protección contra la acción de los subproductos accidentales de la



explosión haciendo circular un gas inerte, tal como helio a través del recipiente de vacío durante el proceso de unión de manera que los subproductos accidentales de la explosión son evacuados por la circulación de gas inerte.

5 También se pueden utilizar para provocar la detonación del material explosivo ondas subsónicas y sónicas, si bien se prefiere el uso de energía ultrasónica porque requiere menos energía del transductor y es más fácil de aplicar sobre el sustrato.

10 La figura 16 representa otro método que se ha descubierto y se puede emplear para provocar mecánicamente la detonación del explosivo primario aplicado sobre los terminales viga de cada dispositivo. Como se ilustra, un sustrato 63, al que se han de unir varios dispositi-

15 vos IC 62, se coloca sobre un asiento de soporte 95, disponiendo encima una lámina de un material concordante 96, por ejemplo, KAPTON o aluminio. Luego se impulsa hacia abajo una herramienta redondeada de unión 97 (o una herramienta plana de unión a la que está acoplado un medio de

20 transmisión de presión de fluido,) cuya herramienta se aplica sobre la lámina concordante, deformando tal lámina alrededor de los dispositivos IC. A medida que la lámina se deforma alrededor de los dispositivos IC, establece contacto con sus terminales viga, provocando la

25 detonación del material explosivo 48 dispuesto encima, con lo que se unen los dispositivos IC al sustrato.

Además de transmitir la presión mecánica de la herramienta de unión a cada uno de los terminales viga, la lámina concordante constriñe las fuerzas ascendentes



de las explosiones, con lo que aumenta la presión de  
unión que se aplica a los terminales viga. Hasta un  
cierto punto, el elemento concordante también impide la  
contaminación de los dispositivos IC y los substratos,  
5 pero no, desde luego, en la misma cuantía en que lo ha-  
ría en el caso ilustrado en la figura 6, donde el mate-  
rial explosivo se aplica a la superficie superior del ele-  
mento amortiguador mas bien que a los mismos terminales  
viga.

10 El aparato ilustrado en la figura 16, debe dis-  
tinguirse del aparato descrito en la anteriormente citada  
solicitud de patente estadounidense de A. Cocoulas, Serie  
Nº 651.411. Tal como se describe en esa solicitud, la  
fuerza que se aplica al elemento concordante produce real-  
15 mente las uniones entre los conductores viga y el subs-  
trato y, por lo tanto, dicha fuerza tiene que ser consi-  
derablemente mayor que la fuerza aplicada por el aparato  
representado en la figura 16, que solo ha de ser la su-  
ficiente para provocar la detonación del explosivo pri-  
20 mario.

Se ha descubierto, asimismo, que la unión explo-  
siva de piezas de trabajo en miniatura puede ser llevada  
a cabo mediante el empleo de explosivos primarios como,  
por ejemplo, acetiluro de cobre, estifnato de plomo, aci-  
25 da de plomo, fulminato de mercurio y tetracina, cuya de-  
tonación se provoca por medio de una descarga eléctrica.  
La energía de chispa mínima necesaria para la detonación  
de dichos explosivos varía desde un mínimo de 20 ergios  
para el acetiluro de cobre hasta mas de 100.000 ergios



para el fulminato de mercurio. La energía mínima necesaria está también en función de las impurezas presentes en el explosivo primario.

La figura 17 representa un método en el que para iniciar la detonación del explosivo primario se utiliza una descarga eléctrica. Tal como se ilustra, un dispositivo IC 62, que se ha de unir a un substrato 63, se alinea sobre las zonas de contacto 50 del substrato y se fija provisionalmente al mismo de una manera convencional. A las zonas de contacto terminales 50, o a otros puntos de contacto del substrato, están aplicados varios contactos laminares elásticos 98. Estos contactos están conectados por medio de un conductor 99 y a través de un interruptor 100 a un terminal de una fuente de voltaje elevado 101. El otro terminal de la fuente 101 se halla conectado por mediación de un conductor 102 a una placa metálica 103 a la que están unidos mediante remache otros varios segundos contactos laminares elásticos 104. Estos contactos 104 están situados en la placa 103 de modo que cuando se provoca el descenso de tal placa, por medio de una empuñadura aislada 105, para aplicar dicha placa 103 al dispositivo 62, cada uno de los varios contactos 104 se aplica contra el material explosivo 48 que está dispuesto sobre el correspondiente terminal viga 42.

Como sea que el dispositivo 62 no está todavía unido permanentemente al substrato 63, habrá un contacto eléctrico imperfecto entre cada terminal viga 42 y la correspondiente zona de contacto 50 del substrato. Sobre las superficies de la conexión pueden estar presentes,



por ejemplo, sedimentos, grasa, óxido metálico y otros  
contaminantes, de manera que la resistencia no unida de  
la conexión es típicamente de varios centenares de ohmios,  
o mayor. Sin embargo, si el potencial de la fuente 101  
5 se hace suficientemente elevado, el campo eléctrico pro-  
ducido a través de la superficie de contacto de la co-  
nexión se interrumpirá por lo menos en una porción de la  
película no conductiva y determinará una chispa momentá-  
nea. No obstante, esta chispa momentánea es más adecuada  
10 para detonar el explosivo primario 48 dispuesto sobre ca-  
da terminal viga, formando así una unión permanente entre  
cada terminal viga y la correspondiente zona de contacto  
del substrato.

Asimismo, se ha descubierto que la unión explo-  
15 siva de piezas de trabajo en miniatura se puede realizar  
empleando explosivos primarios que se hacen detonar me-  
diante energía radiante. Por ejemplo, la acida de plomo  
y la acida de plata se pueden hacer detonar mediante el  
empleo de un haz electrónico y el yoduro de nitrógeno  
20 puede ser detonado por mediación de rayos gamma y bombar-  
deo neutrónico.

La figura 18 ilustra un aparato que puede ser  
utilizado para unir explosivamente una pluralidad de cir-  
cuitos integrados de terminal viga mediante el empleo de  
25 un haz electrónico. Como se representa, los dispositi-  
vos de circuito integrado 62 a unir se alinean con el  
substrato 63 y se fijan provisionalmente al mismo. Luego,  
el substrato se dispone sobre la plataforma de objetivo  
106 de una máquina de haz electrónico 107. Luego se ha-



ce el vacío en la cámara de vacío de la máquina de haz  
electrónico por medio de una bomba 108 y se activa el  
cañón de haz electrónico. Un circuito de control 109,  
que puede estar conectado, por ejemplo, a una calculado-  
5 ra digital de aplicaciones diversas, adecuadamente pro-  
gramada (no ilustrada), desvía sucesivamente el haz elec-  
trónico hasta la situación aproximada de cada terminal  
viga en el substrato. A medida que el haz electrónico  
incide sobre cada carga de material explosivo, provoca  
10 su detonación, con lo que une explosivamente el dispo-  
sitivo al substrato. Como sea que el haz electrónico no  
se emplea para determinar la unión, de por sí, sino so-  
lamente para detonar la carga explosiva sobre los termi-  
nales viga, no necesita ser de una intensidad relativa-  
15 mente grande y de este modo el haz electrónico puede ser  
desenfocado en un haz relativamente ancho. Esto elimina  
la mayoría de los problemas de coincidencia inherentes  
al empleo de un aparato de este tipo.

En algunos casos, una combinación de más de una  
20 de las técnicas de detonación anteriormente descritas  
facilita la operación de unión. Por ejemplo, cuando el  
explosivo primario se tiene que detonar mediante el paso  
a su través de una corriente eléctrica, se ha hallado  
que elevando la temperatura del substrato antes de la  
25 detonación se disminuye la cuantía de corriente neces-  
aria para producir la detonación y ello da por resultado  
una unión más segura. Análogamente, cuando el mecanismo  
explosivo es óptico o acústico, la aplicación de calor  
al substrato mejorará asimismo la calidad de la unión.

- 55 - 388081

27 EN



Los anteriormente descritos métodos de detonación han supuesto que el material explosivo había sido depositado directamente sobre los terminales viga del dispositivo. Sin embargo, una persona entendida en la materia apreciará que dichos métodos son igualmente aplicables en el caso en que el material explosivo se deposita sobre la superficie superior de un elemento amortiguador, tal como una lámina de acero inoxidable, aplicándose la fuerza explosiva a través de la lámina amortiguadora a los terminales viga.

Nuevamente se debe hacer resaltar que todas las técnicas de detonación descritas se pueden emplear con otras piezas de trabajo que no sean dispositivos IC. Se pueden emplear por ejemplo para unir explosivamente el electrodo y el contraelectrodo de condensador de película gruesa o delgada a un sustrato cerámico. También se pueden utilizar las mismas técnicas de detonación con los procedimientos más usuales de chapado de metales y labrado de metales que emplean explosivos secundarios, con la condición, desde luego, de que se halle presente un explosivo primario adecuado para detonar el explosivo secundario (las técnicas de detonación anteriormente descritas no tienen, desde luego, suficiente energía para detonar directamente el explosivo secundario).

Volviendo momentáneamente a la figura 4, se recordará que cada uno de los terminales viga 42 del dispositivo IC 31 fueron doblados hacia arriba para formar un pequeño ángulo  $\alpha$  con el plano del sustrato. Esta unión puede ser llevada a cabo mediante alguno de los



5       varios dispositivos mecánicos simples, ya que los terminales viga son extremadamente delgados y se doblan fácilmente. Sin embargo, las figuras 19A y 19B, ilustran dos disposiciones en variante de los terminales viga del dispositivo IC 31. En la figura 19A, los terminales viga están fabricados de manera que tienen una superficie superior ondulada. En la figura 19B los terminales viga están constituidos de modo que presentan una superficie superior almenada. Las ondulaciones y almenaciones se  
10       pueden efectuar, durante la fabricación de los terminales viga, mediante el empleo de una máscara fotográfica adecuadamente expuesta. En ambos ejemplos, cuando el dispositivo IC es invertido sobre las zonas de contacto del substrato al que se ha de unir, y una carga explosiva se hace detonar cerca de lo que ahora es la superficie superior de los terminales viga, existirá una pluralidad de espacios que separan los terminales viga de las zonas de contacto del substrato. De esta manera, son susceptibles de ser impulsados inferiormente hacia el substrato porciones de los terminales viga, tal como es necesario para que se produzca la unión explosiva. Si se configuran así los terminales viga, no es necesario doblarlos hacia arriba para formar un ángulo  $\alpha$  con respecto al plano del substrato. Desde luego, esto elimina el  
20       ligero peligro de deterioro del circuito integrado que existe cuando los terminales viga se doblan de la manera indicada.

En algunos casos, no es necesario ni el doblado ni la almenación de los terminales viga para obtener una



buena unión de metal a sustrato metalizado. Aunque este fenómeno no se entiende claramente, se cree que las "colinas" y "valles" en las superficies del sustrato proveen suficiente espacio a través del cual se pueden impulsar los terminales viga para proporcionar una unión de gran calidad. Este efecto es más apreciable en sustratos cerámicos que en sustratos de vidrio y es aún más apreciable cuando se efectúa una unión explosiva directamente entre metal y material cerámico desnudo, mas bien que entre metal y material cerámico metalizado.

No todos los circuitos integrados están provistos de terminales viga. La figura 20 ilustra una configuración (denominada en inglés "flip-chip") que emplea una técnica a base de una pequeña porción de transistor que está montado sobre un circuito de película delgada empleando almohadillas convenientes, que es otra configuración ampliamente empleada. En este caso, el circuito integrado 121 está provisto de una pluralidad de almohadillas de contacto 122 y, con la técnica conocida, la conexión del dispositivo citado (el flip-chip) con el mundo exterior se lleva a cabo aplicando calor y presión directamente a la superficie superior del dispositivo por medio de una herramienta de unión adecuadamente conformada. El calor y la presión se transmiten a través del dispositivo a las almohadillas de contacto para unir las almohadillas a las zonas de contacto 123 del sustrato.

Es evidente que los métodos y aparatos de la presente invención son adaptables para empleo con la configuración citada (el flip-chip) así como también con otras



muchas configuraciones de circuito integrado. Una persona entendida en la materia puede adaptar fácilmente las enseñanzas de la presente invención para manejar las diferentes configuraciones geométricas que resultan cuando se emplean distintas formas de dispositivo IC. Por ejemplo, en la figura 20 las cargas explosivas 124 se aplican a la superficie superior del dispositivo mencionado ("flip-chip") 121, de manera que son colocadas directamente encima de las almohadillas de contacto 122 de la superficie inferior del dispositivo. Así, cuando se hacen detonar, las cargas explosivas 124 aplican presión a través del sustrato, a las almohadillas de contacto 122, uniendo éstas a las zonas de contacto del sustrato.

También se puede emplear una capa amortiguadora metálica (por ejemplo, acero inoxidable) o de plástico (por ejemplo, KAPTON) que se dispone entre la placa explosiva y el sustrato. Como en el ejemplo descrito con referencia a la figura 6, la capa amortiguadora actúa aminorando la fuerza de la explosión y, además, impidiendo la contaminación de las superficies de la pieza de trabajo.

La figura 21 ilustra otra forma de realización de la invención que se puede emplear ventajosamente para fabricar sustratos de "circuito impreso", es decir, sustratos que presentan una disposición configurada de vías metálicas conductoras de la manera ya conocida. Como se ilustra en la figura 21, una pluralidad de elementos metálicos (por ejemplo, de película de aluminio) 131 se tienen que unir a un sustrato aislante 132 de aluminio o



vidrio. Los elementos 131 se configuran con la forma conveniente mediante cualquiera de las varias técnicas conocidas, por ejemplo, estampando el dibujo a partir de un rollo continuo de cinta metálica por medio de una matriz de corte, o análogo. En el substrato 132 se ha previsto una pluralidad de orificios 133 que se alinean con una pluralidad de orificios correspondientes 134 de los elementos 131. Tales orificios se proveen para recibir los terminales de componentes electrónicos cuando el substrato terminado se utiliza en un proceso de fabricación. En una variante, los orificios 133 pueden ser practicados a través del substrato después de haber sido unidos al mismo los elementos 131 de la manera ya conocida. Un elemento separador de material metálico o plástico (por ejemplo KAPTON) 136 sobre cuya superficie superior está depositada una carga conformada de material explosivo 137, se sitúa sobre los elementos 131 y el substrato 132.

En el funcionamiento, la carga explosiva 137 se hace detonar por cualquiera de las técnicas de detonación anteriormente descritas y la fuerza explosiva que es producida empuja los elementos metálicos configurados 131 hacia abajo sobre el substrato, con lo que se forma una unión explosiva entre cada uno de los elementos metálicos 131 del substrato. (Para mayor claridad, las varias capas ilustradas en la figura 21 están separadas. Sin embargo, en la práctica real, los elementos metálicos, el medio separador y el substrato se colocan juntos antes de la detonación del material explosivo). Como se ha di-



cho anteriormente, en la mayoría de los casos, no ha sido necesario proveer separación entre cada elemento metálico 131 y el substrato 132, a través de cuya separación es impulsado cada elemento para formar la unión explosiva. Se cree que las "colinas" y "valles" de la superficie del substrato proporcionan suficiente espacio para que se produzca la necesaria impulsión y es por esta razón que, en la mayoría de los casos, no se ha tenido la necesidad de proveer elementos de separación.

10 El elemento separador 136, además de proveer un mecanismo de soporte para el modelo configurado de carga explosiva 137, impide que los subproductos de la explosión contaminen el substrato 132. Además, el elemento separador 136 amortigua el efecto de la detonación y tiende a reducir la producción de esfuerzos mecánicos y térmicos concentrados en la pieza de trabajo lo cual es, desde luego, de importante consideración en el caso de substratos frágiles, tales como de vidrio o cerámicos.

15 La figura 22 ilustra el aspecto del substrato después de haber sido unidos explosivamente al mismo los elementos metálicos 131. Se apreciará que el substrato no puede distinguirse de un substrato producido mediante una de las técnicas más usuales (por ejemplo deposición metálica seguida de un procedimiento de corrosión selectivo), a excepción de que la resistencia de aislamiento del substrato producida por la técnica de unión explosiva es un tanto superior, debido a la ausencia de residuos químicos de las soluciones de corrosión, fotorresistencia, reveladores, etc.



La figura 23 ilustra otra forma de realización de la presente invención que se puede emplear ventajosamente si la superficie del substrato es muy pulida de modo que no existen las "colinas" y "valles" que se precisan para que la unión sea satisfactoria. Como se ilustra, entre el substrato 132 y el elemento metálico 131 se disponen dos elementos de separación, por ejemplo, de alambre de oro o aluminio de un diámetro de 0,01 mm. Luego, la lámina separadora 136 con carga explosiva 137 dispuesta encima, se coloca adyacente al elemento metálico 131 y se hace detonar la carga explosiva como en el ejemplo anterior. Los elementos de separación 141 aseguran que exista un espacio suficiente entre el substrato 132 y el elemento metálico 131 de modo que se produce una impulsión del elemento 131 hacia el substrato 132 y se forma una unión acústica de material metálico y cerámico entre el elemento y el substrato.

La figura 24 ilustra el aspecto de la unión terminada. Los elementos de separación 141, ligeramente aplanados por la fuerza de la explosión pueden ser retirados de la zona de unión. En una variante, los elementos de separación se pueden dejar simplemente en su lugar, puesto que no afectan al funcionamiento del circuito terminado.

Las técnicas descritas con referencia a las figuras 21 a 24 pueden no ser prácticas para todos los tipos de configuraciones de película metálica. Por ejemplo, algunas configuraciones de película metálica conductiva son tan complicadas e intrincadas que no son auto-



estables o presentan difíciles problemas de alineación u  
orientación. En consecuencia, las figuras 25 a 27 ilus-  
tran otra forma de realización de la presente invención  
que elimina la citada dificultad. El ejemplo específico  
5 se aplica a una resistencia de película delgada o gruesa,  
pero una persona entendida en la materia apreciará que  
esta forma de realización de la invención no queda limi-  
tada en este sentido y es de aplicación general en cual-  
quier procedimiento de unión explosiva en que por lo me-  
10 nos una de las piezas de trabajo a unir no es autoestable  
o necesita una alineación cuidadosa, por ejemplo, la unión  
explosiva de las marcas a la corona de un reloj de pulse-  
ra. Como se indica en la figura 25, un dibujo almenado  
de película metálica conductiva 151 (en realidad resis-  
15 tiva) se ha de unir explosivamente a un substrato aislan-  
te 152. La película metálica 151 que se ha de unir al  
substrato ha sido fabricada previamente, en una imagen  
inversa, en la superficie inferior del elemento amortigua-  
dor 153. Ventajosamente, el medio amortiguador 153 está  
20 constituido por una película de poliimida tal como KAPTON  
y, en este caso, la capa configurada de película metálica  
puede ser depositada encima mediante el procedimiento des-  
crito en la solicitud de patente estadounidense, serie  
nº 719.976 solicitada en 9 de abril de 1968 asignada a  
25 los asignatarios de la presente invención. Desde luego,  
se pueden emplear otras técnicas para depositar la pelí-  
cula metálica sobre la superficie inferior del elemento  
amortiguador 153.

Después de haber depositado la película metálica

38808 1<sup>2</sup>



151 sobre el medio amortiguador 153, una carga correspondientemente configurada de material explosivo es estarcida, tamizada o depositada de otra manera sobre la superficie superior del medio amortiguador 153. Como se ilustra en la figura 26, la estructura combinada se dispone luego sobre el substrato 152 y se hace detonar el material explosivo mediante cualquiera de las técnicas anteriormente descritas para unir explosivamente la película metálica conductiva de forma intrínsecamente configurada 151 (que ahora se halla en el lado derecho arriba) sobre el substrato. Después de la detonación, el medio amortiguador es desprendido, dejando el producto terminado, como se ilustra en la figura 27. (La poliimida KAPTON es particularmente buena a este respecto y por ello se prefiere para esta forma de realización). Como en el caso descrito con referencia a la figura 24, se pueden interponer elementos de separación entre la película metálica 151 y el substrato 152, si es necesario. En una variante, mientras la película 151 se deposita sobre la superficie inferior del medio amortiguador 153, se pueden hacer deliberadamente unas partes de la película más gruesas que otras para proveer el necesario espacio para una buena unión de material metálico a material cerámico.

25 En las formas de realización de la invención ilustradas en las figuras 21 a 27, la carga explosiva se ilustra para ser configurada aproximándose al tamaño y forma de la pieza de trabajo a unir. Sin embargo, hablando con exactitud, esto no es una necesidad absoluto y la



carga puede adoptar un contorno un tanto menor o mayor que el de la pieza de trabajo. En realidad, la carga no tiene que ser configurada del todo. Todo lo necesario es que se produzca una fuerza de unión lo suficientemente grande para impulsar la pieza de trabajo hacia abajo sobre el substrato.

Las figuras 28 a 31 ilustran otra forma de realización de la presente invención, que puede ser ventajosamente empleada para fabricar condensadores de película delgada o gruesa sobre un substrato aislante, tal como de vidrio o cerámica. Como ya es conocido en la técnica anterior, dichos condensadores pueden fabricarse, sublimando catódicamente o depositando bajo vacío, un electrodo sobre el substrato aislante, ya sea directamente, o por medio de un proceso selectivo de enmascaramiento y corrosión, oxidando luego la superficie superior del electrodo para formar una capa dieléctrica no conductiva y finalmente depositando, o sublimando catódicamente, un contraelectrodo sobre la parte superior de la capa dieléctrica. De acuerdo con la invención, se pueden efectuar mediante una técnica de unión explosiva cualquiera o todas las etapas citadas.

Como se representa en la figura 28, el electrodo 161 se une a un substrato cerámico 162 disponiendo el electrodo sobre el substrato y aplicando luego un medio amortiguador 163 sobre el electrodo 161 y el substrato 162. El medio amortiguador 163 puede comprender una lámina de acero inoxidable de un espesor de entre 0,05 y 0,07 mm. o una lámina de plástico poliimida, tal como KAPTON, de aproximadamente el mismo espesor. Una carga configurada de material explosivo 164 se deposita sobre la superficie su-



5     perior del medio amortiguador 163 y, cuando se hace deto-  
nar por medio de cualquiera de las técnicas de detonación  
anteriormente descritas, impulsa el electrodo 181 hacia  
abajo hasta las "colinas" y "valles" del substrato cerá-  
mico 162, formando una unión explosiva entre el electrodo  
y el substrato.

10     Como con relación al ejemplo ilustrado en la figu-  
ra 23, entre el electrodo 161 y el substrato 162 se pueden  
interponer elementos (no ilustrados) si las características  
superficiales del substrato son tales que no se puede for-  
mar una buena unión explosiva sin el empleo de dichos ele-  
mentos de separación. Después de haber ocurrido la deto-  
nación, el medio amortiguador 163 se puede extraer, dejan-  
do el electrodo 161 firmemente unido al substrato. Como  
15     se ha explicado anteriormente, el electrodo 161 se puede  
fabricar sobre la superficie inferior del medio amortigua-  
dor 163 mediante la técnica que se enseña en la antes men-  
cionada solicitud de patente estadounidense serie N<sup>o</sup> 719.976.

20     Como se representa en la figura 29, ahora se pue-  
de oxidar la superficie superior del electrodo 161 median-  
te cualquiera de las varias técnicas conocidas para formar  
sobre dicha superficie una capa dieléctrica aislante. En  
una variante, se puede repetir la técnica anteriormente  
descrita ilustrada en la figura 28 para unir explosivamen-  
te una capa dieléctrica aislante al electrodo 161. En rea-  
25     lidad, con este fin se puede dejar en su sitio el mismo  
medio amortiguador. Sin embargo, el medio amortiguador  
puede ser demasiado grueso para la mayoría de aplicaciones  
prácticas y, en este caso, sobre la superficie inferior  
del medio amortiguador se puede formar una capa dieléctri-  
ca más delgada que se une explosivamente al electrodo, re-

388081 27



tirando luego el medio amortiguador, como se ha explicado anteriormente.

5 Como se ilustra en la figura 30, la técnica utilizada para unir el electrodo se puede emplear nuevamente para unir un contraelectrodo al electrodo 161 y la capa dieléctrica 166. Con este fin, un contraelectrodo 167, que puede ser autoestable o formado sobre la superficie inferior de un segundo medio amortiguador 168, se dispone sobre y se alinea con el electrodo 161 y la capa dieléctrica 166. La superficie superior del medio amortiguador 168 se provee de una carga explosiva configurada 169 y cuando se provoca la detonación de esta carga, el contraelectrodo 167 es impulsado hacia el electrodo 161 y la capa dieléctrica 166, formándose una unión explosiva entre  
10  
15 tales elementos.

La figura 31 ilustra el aspecto del producto acabado. Desde luego, es factible fabricar el contraelectrodo por otros medios que no sean unión explosiva, por ejemplo mediante procedimientos usuales de sublimación catódica o deposición. Además, aunque las figuras 28 y 30 indican que las caras explosivas 164 y 169 están configuradas para corresponderse con el electrodo 161 y el contraelectrodo 167 respectivamente situados debajo, se apreciará que las cargas explosivas pueden tener una forma que no corresponde exactamente con la de dichos electrodo y contraelectrodo. Desde luego la constitución de un condensador, o de otros componentes electrónicos, como inductores, resistencias, etc., mediante técnicas de unión explosiva, se puede llevar a cabo junto con la deposición simultánea de vías conductivas metálicas sobre el mismo sustrato. Es decir, se puede utilizar un procedimiento de unión explosiva en  
20  
25



una gran zona única, para de manera simultánea, instalar dispositivos de resistencia de película delgada, los electrodos de condensadores de película delgada y los circuitos conductivos necesarios para interconectar dichos dispositivos. Una o dos etapas de unión explosiva adicionales unirán los elementos de circuito adicionales, de manera que en solamente dos o tres etapas se puede fabricar un bloque entero de funcionamiento, que comprende dispositivos semiconductores unidos explosivamente, con notable diferencia respecto a las docenas de etapas que se necesitarían para fabricar un bloque equivalente por medio de las técnicas usuales.

Aunque la presente invención ha sido descrita aplicada a la unión de componentes electrónicos, tales como dispositivos de circuito integrado, los métodos y aparatos descritos en esta memoria se pueden emplear para unir otras piezas de trabajo en miniatura, por ejemplo, las empleadas en la fabricación de relojes, cámaras e industrias aeroespacial y científicas. Más específicamente, la presente invención puede emplearse en cualquier aplicación en que convenga unir una primera pieza de trabajo en miniatura a una segunda pieza de trabajo. Una persona entendida en la materia podrá apreciar que es posible utilizar ciertos aspectos de la invención en más técnicas convencionales de unión explosiva y labrado de metales y que emplean explosivos primarios y secundarios.

Asimismo, es evidente que una persona experta en la materia puede efectuar varios cambios y modificaciones en los métodos y aparatos descritos sin separarse del espíritu y marco de la presente invención.

38808 1

- 68 -



N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

5 1.- Método para unir piezas de trabajo por explosiones, que comprende las etapas de disponer una primera y una segunda piezas de trabajo metálicas y/o no metálicas, yuxtaponiéndolas entre sí, y detonar un explosivo primario en la región de la unión deseada, de manera que la fuerza creada por la detonación de dicho explosivo primario impulse por lo menos una de dichas piezas de trabajo hacia la otra, para formar así una unión explosiva entre dichas piezas de trabajo.

15 2.- Método, según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de interponer al menos un elemento de separación entre dichas primera y segunda piezas de trabajo para proveer un espacio a través del cual puede tener lugar dicha impulsión.

20 3.- Método, según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de mantener un vacío parcial alrededor de la primera y la segunda piezas de trabajo antes de la detonación de dicho explosivo primario.

25 4.- Método, según la reivindicación 1, en el que por lo menos una de dichas piezas de trabajo, tiene dimensiones microscópicas, que comprende la etapa adicional de desplazar una de dichas piezas de trabajo con respecto a la otra, de modo que se forme entre ellas un ángulo, a través del cual tales piezas de trabajo se pueden impulsar una hacia la otra para formar la unión explosiva.

5.- Método, según las reivindicaciones anteriores,

*ME*



en el que una de las piezas de trabajo es metálica, caracterizada porque se aplica la carga de explosivo primario a por lo menos una superficie de dicha pieza de trabajo metálica.

5           6.- Método, según las reivindicaciones 1 a 4, en el que se coloca un medio amortiguador sobre dichas piezas de trabajo y se aplica la carga de explosivo primario a por lo menos una superficie de dicho medio amortiguador.

10           7.- Método según la reivindicación 6, en el que se emplea como medio amortiguador una hoja de material sobre una al menos de cuyas superficies se ha dispuesto previamente al menos una carga explosiva.

15           8.- Método según las reivindicaciones 6 y 7, caracterizado porque sobre el medio amortiguador se depositan, en por lo menos una superficie del mismo una pluralidad de cargas explosivas discretas; con el fin de formar al hacerlas detonar, una pluralidad de uniones discretas entre las piezas, de manera que dicho medio amortiguador inhibe la formación de esfuerzos concentrados en dichas piezas de trabajo y, además, inhibe la contaminación de dichas piezas de trabajo con subproductos de dichas explosiones.

20           9.- Método según las reivindicaciones 7 y 8, en el que se emplea como dicho material un plástico de poliimida.

25           10.- Método según las reivindicaciones 7 y 8 en el que se emplea como dicho material plástico de poliimida Kaptan.

11.- Método según las reivindicaciones 7 y 8, en el que se emplea como dicho material acero inoxidable.

12.- Método, según las reivindicaciones anteriores,

*MCE*

- 70 - 38808 1<sup>2</sup> 7



en el que el material explosivo se aplica forzándolo a través de por lo menos una abertura de un estarcidor.

13.- Método, según las reivindicaciones 1 a 11, en el que el material explosivo se aplica cribándolo a través de por lo menos una ventana de un tamiz de seda.

14.- Método, según las reivindicaciones anteriores, en el que dicho explosivo primario es azida de plomo.

15.- Método, según la reivindicación 6, en el que dicha primera pieza de trabajo es metálica, caracterizado por depositar dicha primera pieza de trabajo sobre dicho medio amortiguador mediante un proceso de revestimiento no eléctrico.

16.- Método, según la reivindicación 6, en el que dicha primera pieza de trabajo es metálica, caracterizado por depositar dicha primera pieza de trabajo sobre dicho medio amortiguador mediante un proceso de revestimiento electrolítico.

17.- Método, según la reivindicación 6, en el que dicha primera pieza de trabajo es metálica, caracterizado por depositar en forma no eléctrica una configuración delgada de metal sobre dicho medio amortiguador, y luego depositar electrolíticamente metal adicional sobre dicha configuración para aumentar su espesor y formar dicha primera pieza de trabajo.

18.- Método según las reivindicaciones anteriores, en el que una de las piezas de trabajo es un dispositivo del tipo de terminal viga y la otra pieza de trabajo consiste en varios microterminales, caracterizado por colocar una carga de material explosivo próxima a cada uno de los micro-

OMGE



terminales para unir explosivamente dichos microterminales a las regiones correspondientes de dicha pieza de trabajo, siendo la magnitud de cada carga de dicho material explosivo suficientemente grande para formar dicha unión explosiva, pero no tan grande como para provocar el deterioro de dicha pieza de trabajo del dispositivo.

5  
19.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación del explosivo se efectúa elevando la temperatura de dicho material explosivo por encima de la temperatura de detonación crítica del mismo.

10  
20.- Método, según la reivindicación 18, en el que dicho material explosivo es fotosensible y su detonación se efectúa aplicando a dicho material fotosensible un haz luminoso de una longitud de onda y de una intensidad suficientes para provocar su explosión.

15  
21.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación del explosivo se efectúa aplicando al mismo un haz de partículas  $\alpha$  de una intensidad suficiente para determinar su explosión.

20  
22.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación del explosivo se efectúa haciendo pasar a través del mismo una descarga eléctrica de intensidad suficiente para motivar su explosión.

25  
23.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa dirigiendo sobre dicho material explosivo un haz electrónico de suficiente intensidad para determinar su explosión.

24.- Método según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa aplicando a dicho material explosi-

mfe



vo un haz de radiación coherente colimada procedente de un máser óptico, de una longitud de onda y de una intensidad suficientes para determinar la explosión del material.

5 25.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa aplicando a dicho material explosivo una fuerza mecánica de suficiente intensidad para provocar la explosión del mismo.

10 26.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa aplicando a dicho material explosivo una onda de choque de una intensidad suficiente para determinar la explosión del mismo.

15 27.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa aplicando a dicho material explosivo un haz de energía acústica de una longitud de onda y de una intensidad suficiente para provocar la explosión del mismo.

20 28.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa aplicando a dicho material explosivo un campo magnético alterno de frecuencia e intensidad suficientes para determinar la explosión del mismo.

29.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa aplicando a dicho material explosivo un campo eléctrico alternativo de frecuencia e intensidad suficientes para provocar la explosión del mismo.

25 30.- Método, según la reivindicación 18, en el que la detonación se efectúa introduciendo una atmósfera química que reaccione con dicho material explosivo e inicie su explosión.

31.- Método según la reivindicación 18, en el que

*M/E*



alrededor del citado dispositivo del tipo de terminal viga se mantiene una atmósfera química inhibidora y la detonación del explosivo se efectúa retirando dicha atmósfera química inhibidora para iniciar la explosión de dicho material explosivo.

32.- Método según la reivindicación 18, en el que dicho dispositivo del tipo de terminal viga es un dispositivo semiconductor con terminales viga.

33.- Método, según la reivindicación 18, en el que dicho dispositivo del tipo de terminal viga es un dispositivo de circuito integrado con terminales viga.

34.- Método, según la reivindicación 18, en el que dicho explosivo primario se aplica a no más cerca de  $0,3 \ell$  y no más lejos de  $0,7 \ell$ , del cuerpo de dicho dispositivo con terminales viga, siendo  $\ell$  la longitud de dichos microterminales.

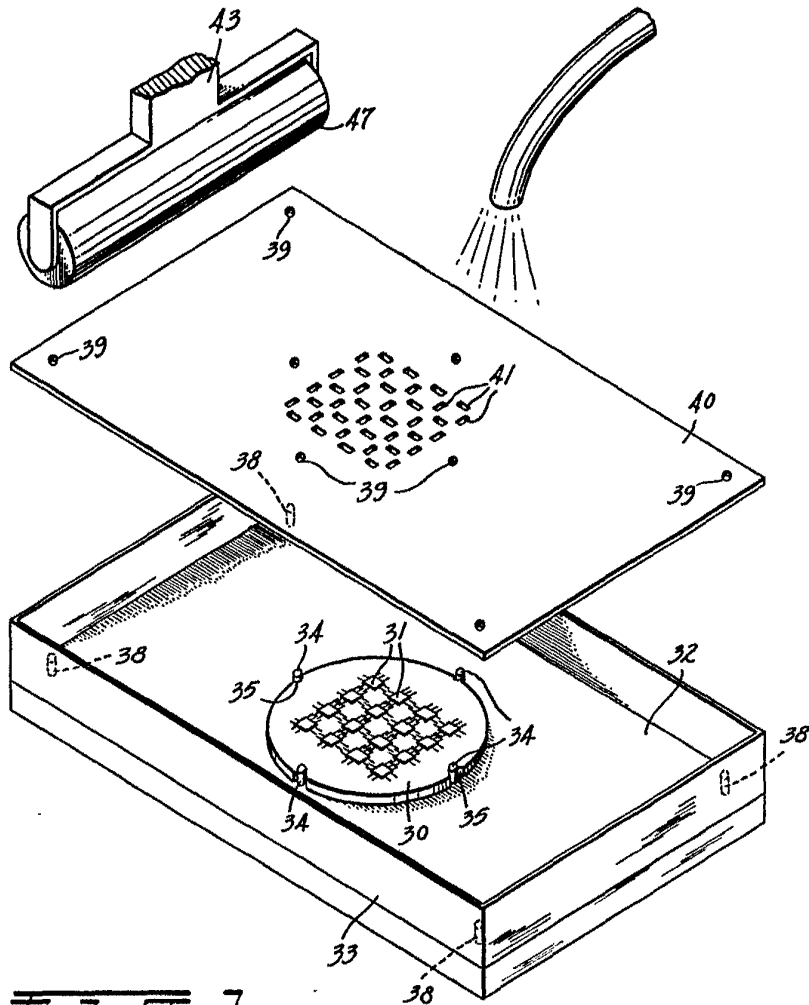
35.- Método para unir piezas de trabajo por explosiones.

Esta memoria consta de stenta y tres hojas escritas por una sola cara.

BARCELONA, 27 de Enero de 1971.

P. A.

388081



T I O - 1

FOR AUTHORIZATION

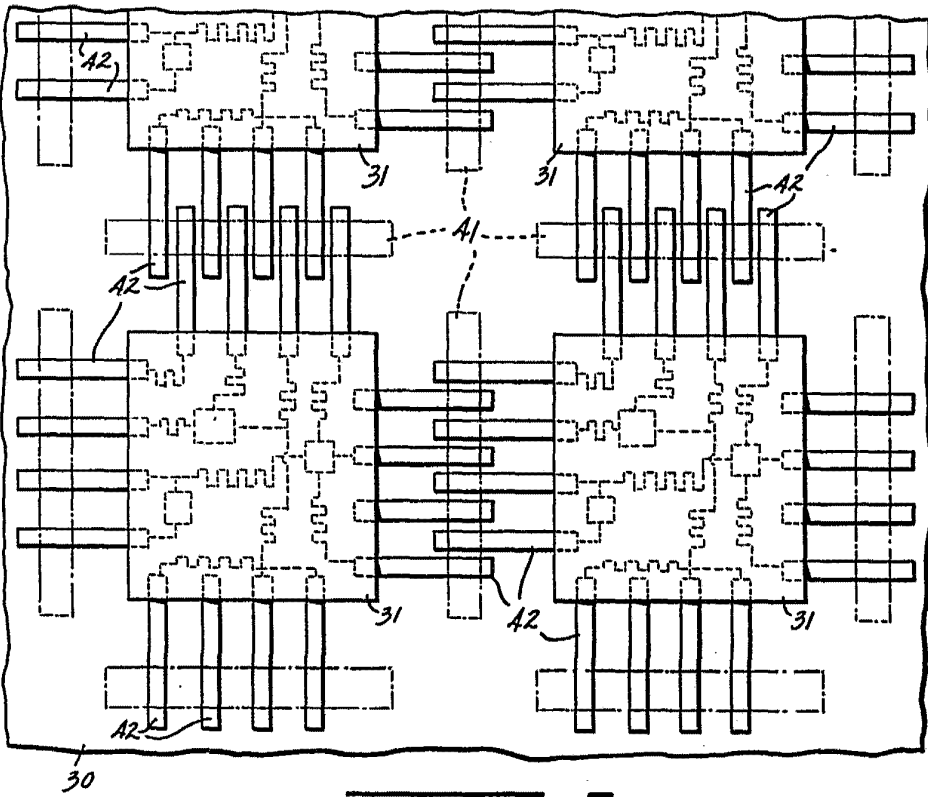


FIG. 2

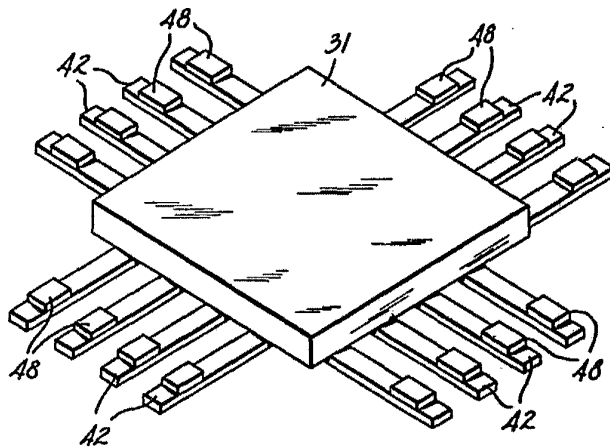


FIG. 3

FOR AUTOMATION

388081

FIG 4

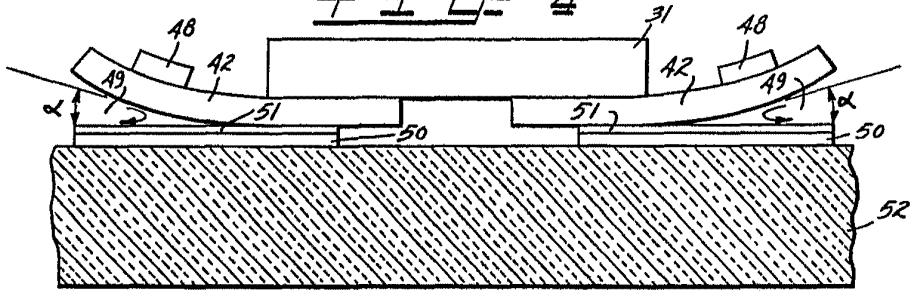


FIG 5

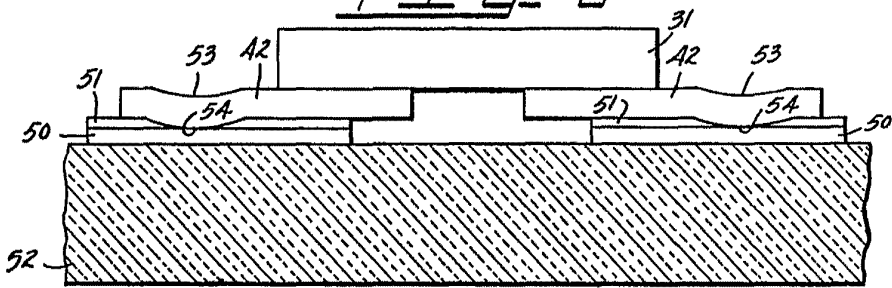


FIG 6

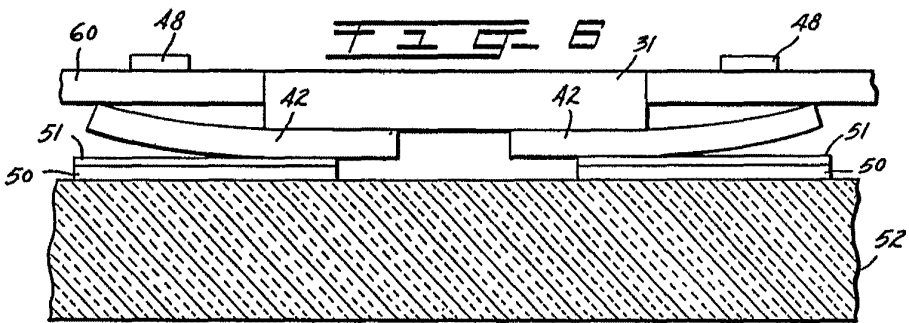
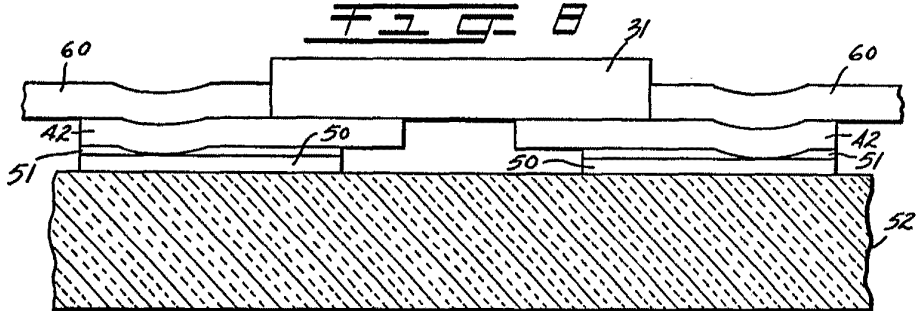


FIG 7



FOR AUTHORIZATION

388081

FIG. 9

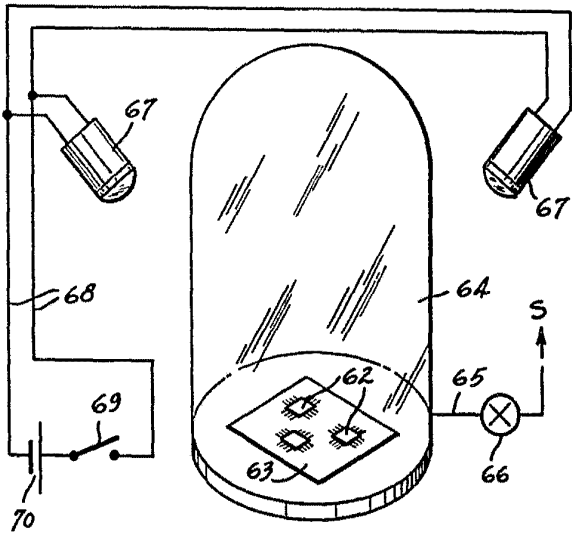


FIG. 10

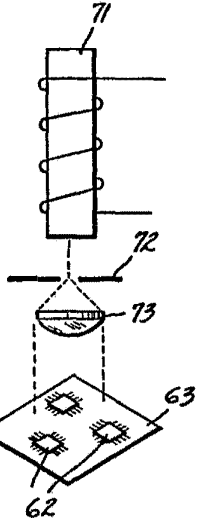


FIG. 11

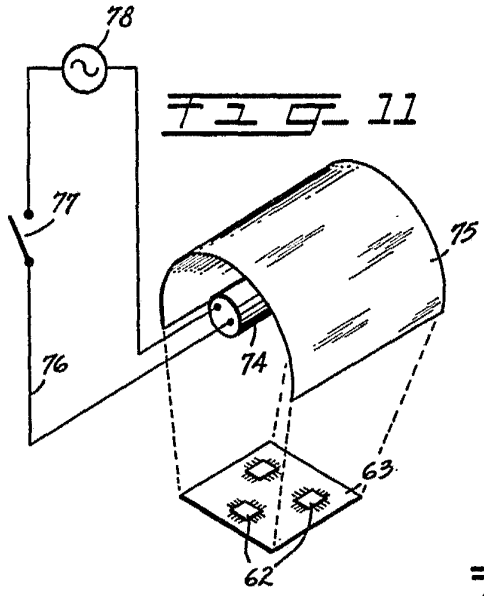
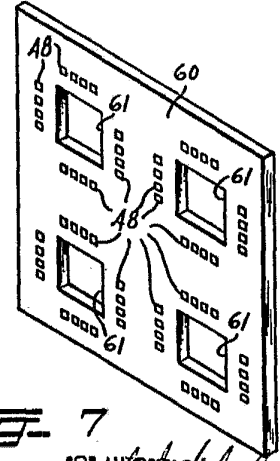


FIG. 7



FOR AUTHORIZATION

*[Handwritten signature]*

388081

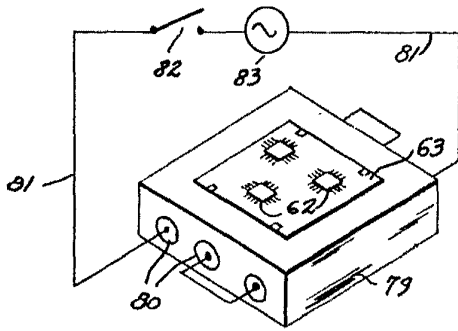


FIG. 12

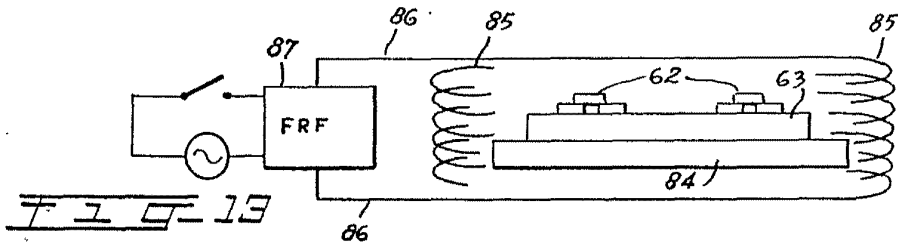


FIG. 13

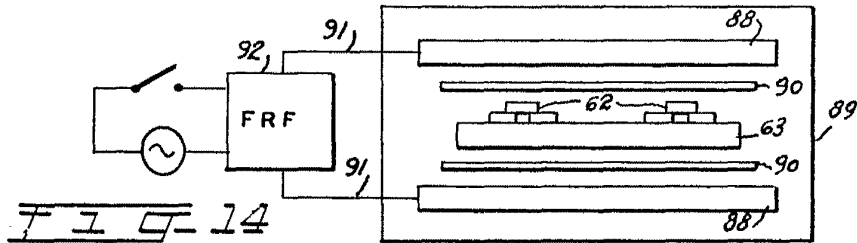


FIG. 14

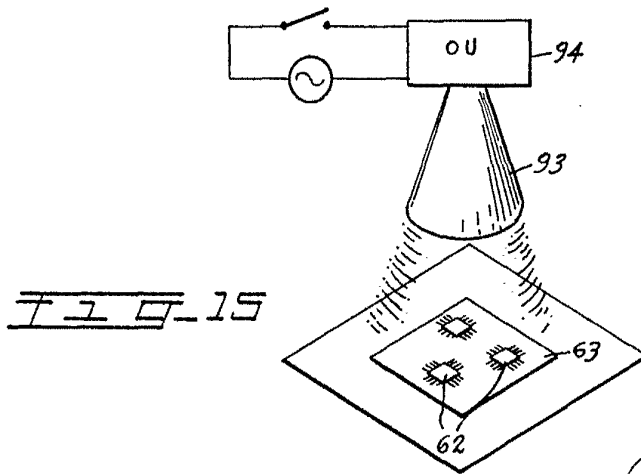


FIG. 15

FOR AUTORIZACION

388081

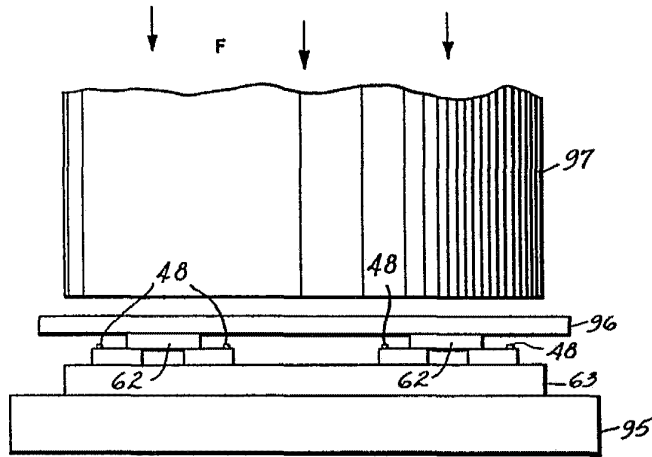


FIG. 16

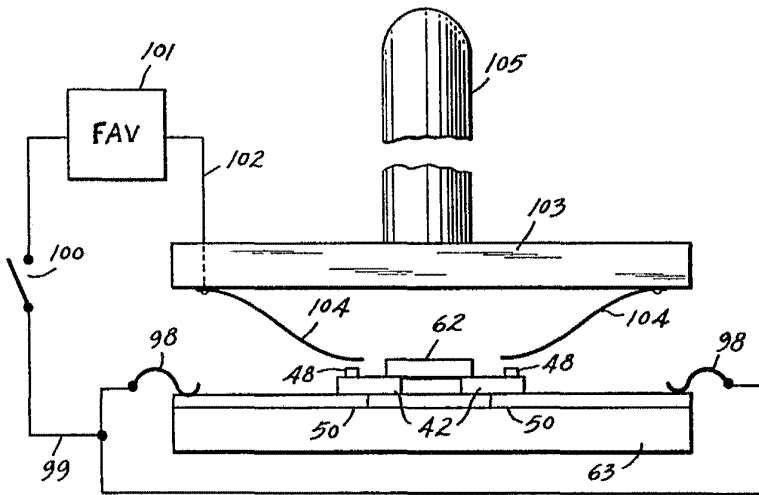


FIG. 17

\*OR AUTORIZACIÓN\*

388081

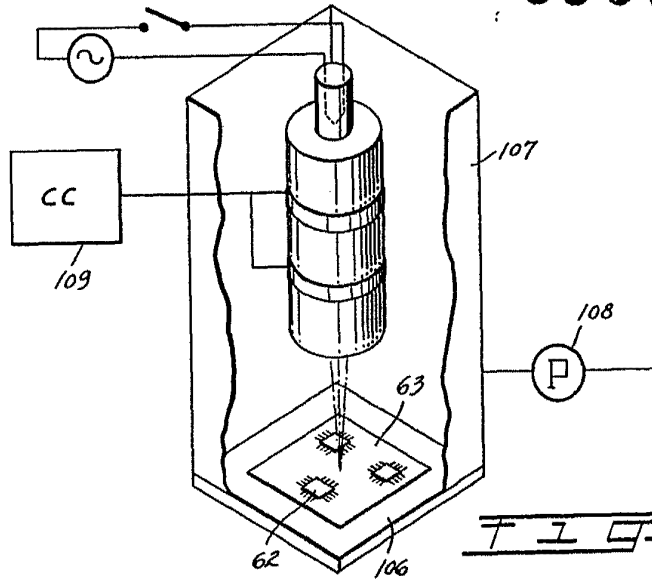


FIG. 18

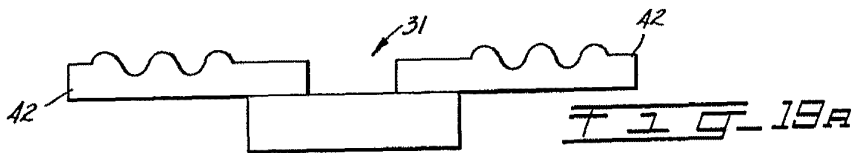


FIG. 19A

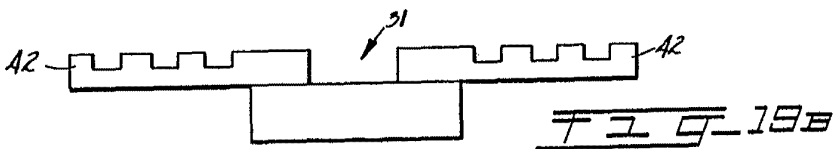


FIG. 19B

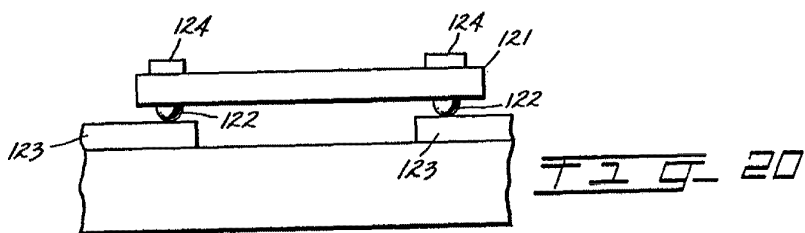


FIG. 20

FOR AUTORIZACIÓN.

388081

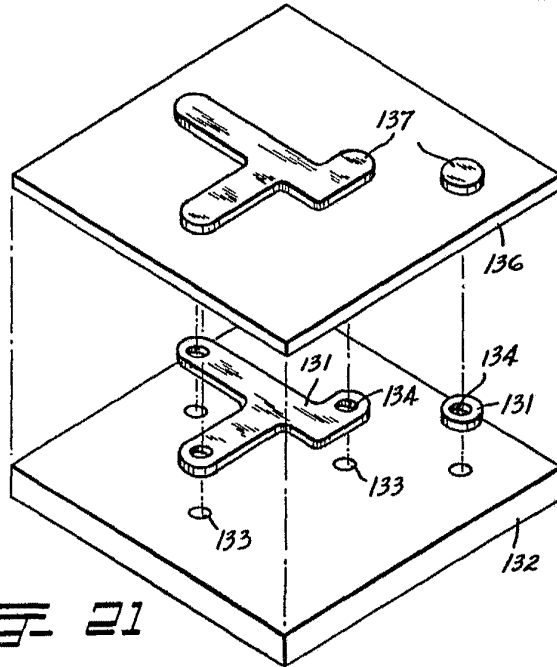
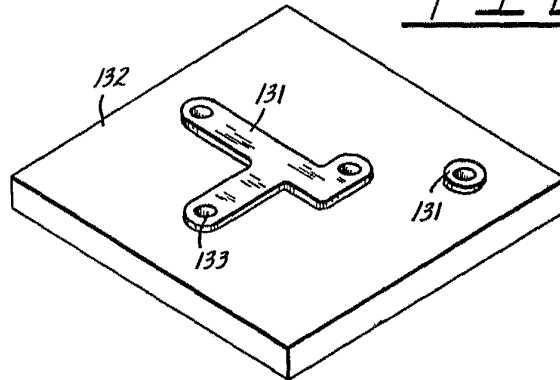


FIG. 21

FIG. 22



FOR AUTORIZACIÓN

A large, stylized handwritten signature or scribble, possibly in Spanish, located below the text 'FOR AUTORIZACIÓN'.

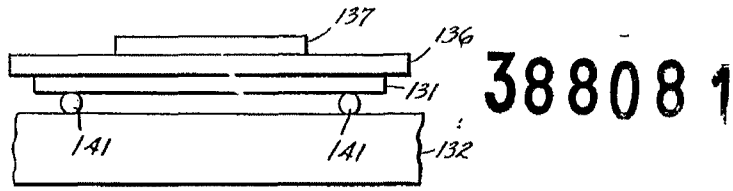


FIG. 23

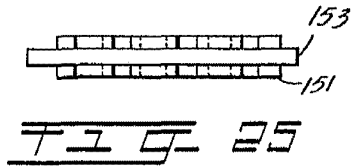
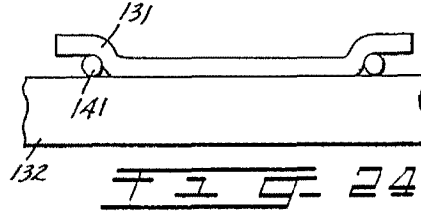


FIG. 26

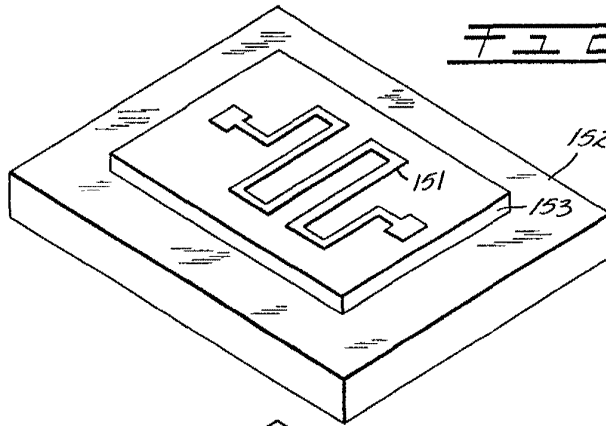
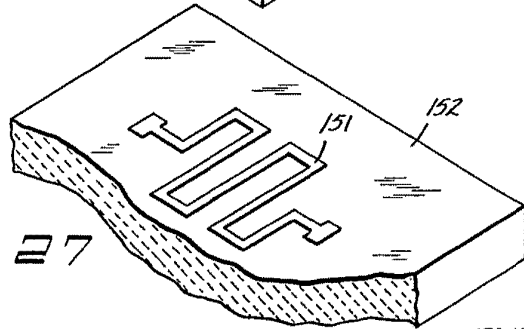


FIG. 27



FOR AUTORIZACIÓN

388081

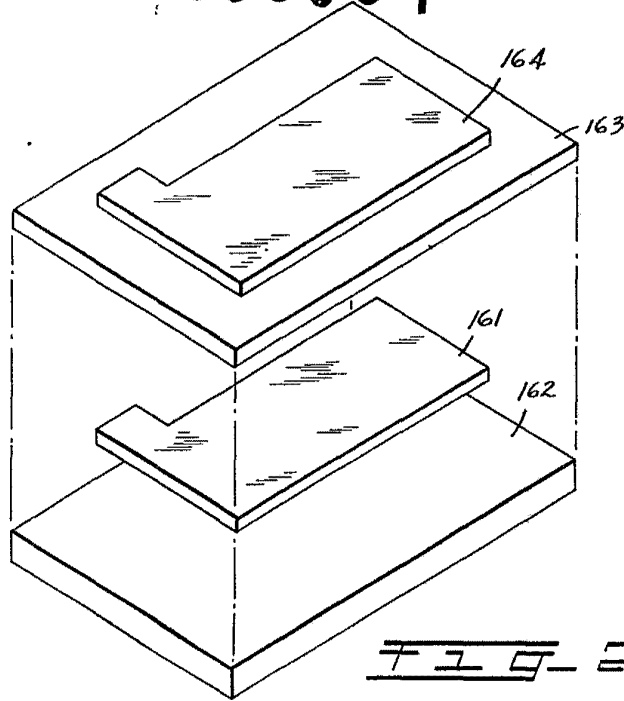
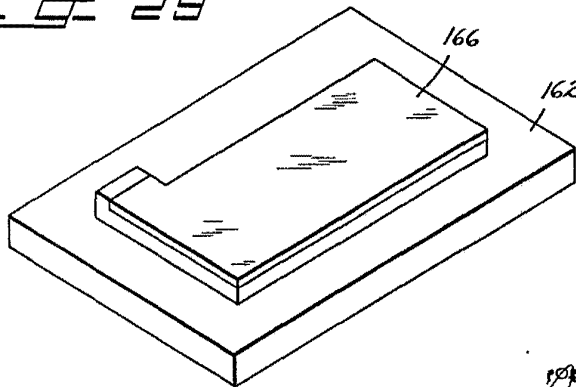


FIG. 28

FIG. 28



FOR AUTORIZACION

A large, handwritten scribble or signature in black ink, located below the text 'FOR AUTORIZACION'.

388081

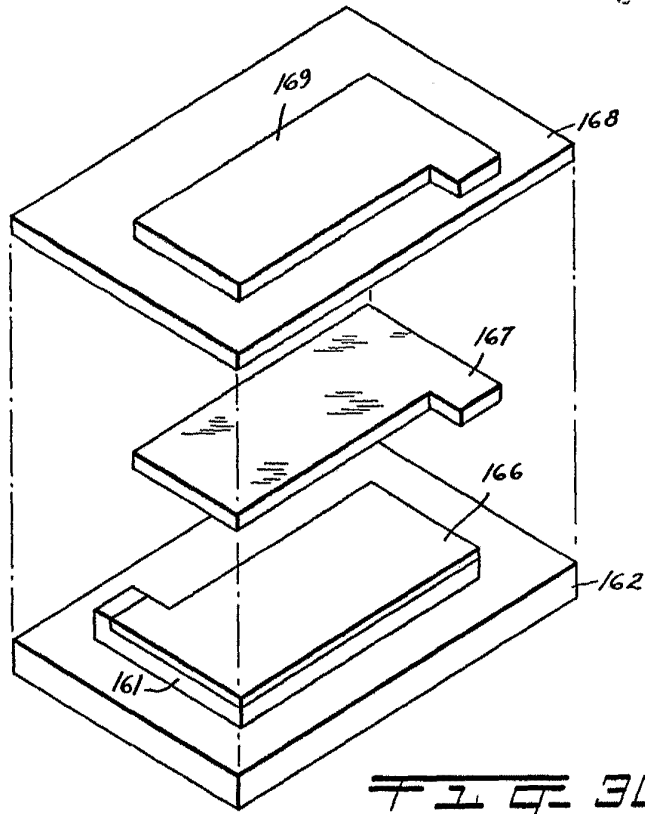
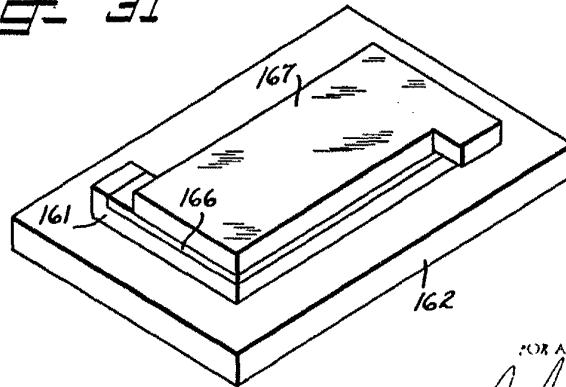


FIG. 30

FIG. 31



FOR AUTORIZACION

A large, stylized handwritten signature or scribble in black ink, located below the text 'FOR AUTORIZACION'.