

356009



356009

P A T E N T E D E I N V E N C I Ó N

a favor de

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

por :

"Método para unir piezas de labor"

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

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

Este invento se refiere a la unión de piezas de labor.



Se describe con referencia a la unión de elementos de circuito tales como transistores de guía o conducción dirigida, dispositivos de circuito integrado u otros dispositivos cristalinos frágiles de circuitos impresos, circuitos de película delgada o circuitos integrados, pues en este campo es muy útil; pero debe entenderse que también es aplicable a la unión de piezas de labor de otras clases.

La conexión de semiconductores y otros componentes diminutos a cuadros de circuito impreso y películas delgadas sobre substratos presenta muchas dificultades, particularmente la de evitar deterioro del componente, que, tratándose de cristal semiconductor, puede ser muy frágil, y en el caso de un conductor de alambre fino, puede deformarse o endurecerse hasta el punto de rotura. También puede deteriorarse el substrato, por ser quebradizos los de circuito integrado o impreso.

Dos métodos conocidos actualmente en uso son la unión ultrasónica y la unión por termocompresión. En la primera, el substrato se sujeta sobre un yunque colocando el conductor encima, y se emplea la punta soldadora de una bobina ultrasónica para fijar el conductor en su posición. Una breve aplicación de energía mecánica en forma de vibraciones ultrasónicas en una dirección paralela a la superficie del substrato produce la unión. El movimiento deslizante de la superficie del conductor sobre la del substrato descubre en éste películas para proporcionar caras de unión nacientes. El calor producido por fricción en la superficie de contacto combinado con la



5 cara naciente, produce una auténtica unión metalúrgica. En el segundo método, para obtener la unión se emplea una combinación de energía térmica y mecánica, en forma de calor y presión suministrados, por ejemplo, mediante un pisón calentado. La técnica utilizada es similar a la unión ultrasónica, pero sustituyendo la punta soldadora por el pisón caliente para transmitir energía a las piezas de labor.

10 Estos métodos de unión pueden dar origen a dos grandes defectos en las uniones. El primero de ellos es que la unión se puede separar con relativa facilidad, de modo que basta un esfuerzo subsiguiente para romperla. El segundo defecto consiste en que una de las zonas unidas, o ambas, se deforman de manera que resultan seriamente debilitadas, con lo que un esfuerzo rompe una de las piezas unidas, o las dos.

15 Estos fallos pueden ocurrir sobre todo cuando se realizan a la vez varias uniones, por lo que las uniones simultáneas no han tenido éxito comercial. Así, aún cuando es posible proyectar un pisón calentado o una bocina ultrasónica bastante grande para hacer varias uniones, las variaciones de tamaño del hilo conductor o de su punta esférica impedirán que tales instrumentos unan con seguridad cada conductor al substrato. Por ejemplo, si se colocan 10 conductores sobre un substrato, y 8 de ellos son de tamaño idéntico, pero los otros dos son 10-20 % más pequeños, un pisón plano o una punta soldadora harán sólo ocho uniones. Si se aplica bastante presión para establecer contacto con los diez conductores, ocho de ellos



se deformarán demasiado, y la unión será débil. Los conductores pueden ser también de idéntico tamaño, pero el espesor de las zonas metálicas planas de los substratos o del substrato mismo, puede variar; o la punta soldadora puede estar desgastada o desalineada lo suficiente para impedir que el generador de energía (pistón o punta soldadora ultrasónica) forme un par transmisor de energía con cada conductor. Por consiguiente, el problema no es unir simultáneamente conductores, sino unir seguramente cada conductor de un grupo cada vez y al mismo tiempo.

Se ha intentado repetidamente aplicar las mismas técnicas, ultrasónica y de termocompresión, pero principalmente la segunda, para unir dispositivos de conducción a substratos. Esto plantea el mismo tipo de problemas, pero en grado mucho mayor. Como los conductores son muy pequeños, es muy fácil producir excesivas deformaciones en una unión. Además, la aplicación simultánea de presión a todos los conductores de tal dispositivo por sus extremos exteriores tiende a provocar que los extremos internos de los conductores y que el propio dispositivo, se levanten apartándose del substrato, lo cual origina un sobreesfuerzo en el dispositivo capaz de producir grietas, alterar características eléctricas o estropear la unión. Esto último puede ocurrir inmediatamente o más tarde.

Por ejemplo, un dispositivo simple de conducción puede tener 12 o 16 hilos, cada uno de 0,013 x 0,0012 cm. Se estima que la mínima tolerancia admisible en el espesor de una chapa de sílice es $\pm 0,0005$ cm. Esto es muy poco, pero en términos absolutos constituye $\pm 40\%$ del espesor



que interesa por hilo. Por eso, aunque la punta ligante sea perfectamente plana y esté bien alineada, lo cual no sucede siempre, es muy posible que no se acople simultáneamente con todos los hilos, y la unión sea incompleta.

5 Por último, aunque existen métodos para comprobar la existencia de una unión, por ejemplo, ensayos eléctricos, el único método de confianza para determinar la solidez de una unión es la comprobación mecánica, o sea la conocida prueba de desprendimiento por esfuerzo cortante. No existe ningún método cualitativo inocuo de evaluar la solidez de una unión.

10 Es objeto del invento el proporcionar un método de unión que aumenta el número proporcional de uniones satisfactorias obtenidas y sirve también para hacer varias uniones simultáneas.

15 Según el invento, un método para unir piezas de labor en el que éstas se retienen juntas en la zona de unión adecuada, entre un soporte y un medio de unión, y según el cual se aplica una energía de unión suficiente, por medios mecánicos o combinación de medios mecánicos, y térmicos para efectuar la unión, comprende el empleo de un medio de unión dúctil.

20 Aunque un medio de unión dúctil puede ser más o menos fácil de deformar, transmitirá presión y absorberá energía. Si se pone un peso de 450 kg sobre un cubo de 2,54 cm. de acero sustentado en un soporte rígido, el acero se deformará muy poco, y la presión sobre el soporte será de 9 kg/cm². Si el cubo es de caucho duro y no de acero, la deformación será mucho mayor, pero la presión



sobre el soporte seguirá siendo de 7 kg/cm². La energía de deformación en cada caso está representada por la distancia en que se ha desplazado el peso. Si éste comprimiera el caucho hasta una altura de 1,9 cm, por ejemplo, la energía de deformación sería de (2,54 - 1,9) x 1/100 + 0,288 kg/metro. La energía potencial representada por la presión de 7 kg/cm² sobre el soporte queda aún disponible para ejecutar trabajo. Un método alternativo de transmitir presión absorbiendo energía consiste en emplear un cuerpo de rigidez relativa, elásticamente montado, de modo que la combinación constituya un elemento más flexible, aunque el cuerpo rígido no se deforme con facilidad.

Si se coloca una segunda pieza de material deformable entre el soporte rígido y el cubo de caucho duro, se producirá una deformación relativa de ambos substratos. Naturalmente, si el segundo material es también un cubo de caucho duro, la deformación de ambas piezas será igual. El reparto de la deformación entre dos materiales no similares puede determinarse a base de la curva de esfuerzo y deformación de cada material; es decir, para un esfuerzo dado, la deformación de cada material puede leerse directamente en la curva. Esto no se limita a los puntos de las curvas en que el modo de deformación cambia de elástico a plástico (o sea, al límite elástico). Si un cubo de material A descansa sobre un cubo de material B sustentado, a su vez en un soporte rígido, y se coloca un peso sobre el cubo A, la deformación de ambos puede ser elástica o plástica, o bien puede deformarse uno elásticamente



y el otro plásticamente. En cualquier caso, la reacción de los respectivos materiales se puede predecir partiendo de la curva de esfuerzo y deformación.

5 Por lo expuesto, se supone cierto que, por influjo de la presión (o sea de la energía mecánica) sola, un material dúctil (o deformable) puede deformar otro material deformable.

10 Lo anterior se refiere solamente a dos cubos del mismo tamaño. Si en lugar del cubo de material B se utilizan dos barras espaciadas, la presión sobre cada barra seguirá siendo la aplicada al cubo A; pero la deformación del material A será muy diferente. Con dos cubos iguales, ambos materiales tenderán a aplanarse, es decir, a com-
15 barse hacia fuera por los lados, donde no estén confinados; pero con el cubo A descansando sobre las dos barras, tenderá a deformarse hacia abajo, entre las barras o en torno de ellas. Si en lugar del cubo A se dispone una varilla redonda a través de las dos barras, la situación de esfuerzo y deformación cambiará radicalmente. La zona de
20 contacto entre la varilla y las dos barras es muy pequeña, por lo que el esfuerzo (para igual peso aplicado) debe ser muy grande. Esto origina un aumento apropiado en la deformación de ambos materiales. En otras palabras, el esfuerzo entre las dos caras, más que la fuerza total
25 aplicada, es lo que determina la deformación de ambos materiales. Por consiguiente, ajustando la configuración de los dos materiales, puede conseguirse que una fuerza relativamente pequeña produzca una deformación relativamente grande.



El modo y la magnitud de deformación dependerán también radicalmente de la aplicación de energía térmica. Esto puede deducirse también de la curva de esfuerzo y deformación de los materiales elegidos a la temperatura especificada.

En suma, pueden emplearse para ajustar la deformación relativa entre los dos cuerpos los factores siguientes : 1), selección de los materiales; 2), energía mecánica total aplicada; 3), geometría o configuración de las piezas; y 4), aplicación de calor.

Para ilustrar lo expuesto con relación a un medio deformable, supóngase que se quiere unir un dispositivo de 16 conductores (hilos de oro) a las partes planas de oro de un substrato, empleando una presión de un pisón de 13,6 kg a 400 °C; Los conductores son de material B; las zonas planas son el soporte rígido, y el material A es lo que se denomina aquí medio dúctil, también deformable. Para elegir un medio dúctil adecuado, se traza la curva de esfuerzo y deformación del oro a 400 °C, con preferencia sobre un diagrama logaritmico donde el punto de deformación está en la ordenada, y la pendiente de la curva es el índice de endurecimiento del esfuerzo. Esta gráfica permite determinar el esfuerzo necesario para conseguir cualquier grado de deformación del oro. Si interesa una deformación de 50 % del conductor, se elige el esfuerzo particular necesario para ello. Si el medio dúctil es dos veces más grueso que el conductor, se deformará sólo 25 % al deformar 50 % el conductor; de modo que sirve cualquier material con una curva de es-



fuerzo y alargamiento que se deforme 25 % a la tensión elegida. En este caso, un medio satisfactorio es aluminio 2024. Una vez escogido el medio, hay que considerar la configuración. El substrato descansa sobre un yunque; el dispositivo se coloca encima, y la armadura de aluminio flexible, que sólo cubre los conductores, se dispone sobre aquél. El pisón calentado se hace bajar con una carga (absoluta) de 13,6 kg. La presión en la interficie pisón-aluminio resulta ser de unos 140 kg/cm², inferior al punto de flexión de esa aleación a 400 °C. Pero la presión en la interficie aluminio-conductor, mucho menor, excede de 7000 kg/cm². por encima del punto de flexión de ambos metales, y allí se produce deformación. Cuando el aluminio se ha deformado en torno de los conductores y toca el substrato (según se describe más adelante con detalle), aumenta la zona de contacto (y disminuye la presión), hasta hacerse igual a la de la interficie pisón-aluminio; es decir, la presión desciende a unos 140 kg/cm². y se detiene la deformación.

Al unir conductores a substratos mediante técnicas corrientes de termocompresión o ultrasónicas, era necesario que el conductor se deformase bastante contra el substrato para conseguir una buena unión, aunque la deformación no significara por sí misma que la unión fuese buena. Pero empleando un medio dúctil deformable, la deformación plástica consecutiva a la unión puede ser tan ligera que resulte esencialmente invisible. Esto puede ilustrarse mediante la unión ultrasónica de trozos cortados de láminas de monocristales de sílice o de otros cris-



tales quebradizos. Cualquier deformación de esos mate-
riales por los métodos anteriores usuales de unión oca-
sionaría fractura; no llegarían a deformarse, en el sen-
tido usual de la palabra. Sin embargo, se unen satis-
5 factoriamente a substratos empleando un medio dúctil de-
formable por calor y energía ultrasónica. Toda la defor-
mación parece limitarse a la superficie aplanada contigua
al substrato. De manera análoga, los dispositivos conduc-
tores se pueden unir a substratos sin deformación visible
10 importante.

En una primera forma de realización del presente
invento, las dos piezas de labor se colocan sobre un yun-
que de soporte o mesa y el medio dúctil se aplica encima
de la zona prevista de unión. En esta forma de realiza-
15 ción se prefieren metales deformables tenaces con pelícu-
las superficiales adherentes de óxido como medio dúctil,
y como método de unión, la termocompresión. Sin embargo,
no será satisfactoria ninguna superficie no humectante.
Se emplea un pisón calentado para deformar el medio dúctil
20 y efectuar al mismo tiempo la unión entre las piezas de
labor. La película de óxido impide que el medio dúctil
se una a cualquiera de las piezas de labor (suponiendo que
todas las superficies de unión estén exentas de películas
o contaminantes superficiales). Aunque un pisón calenta-
25 do es generalmente el medio normal de aplicar calor y pre-
sión en la unión por termocompresión, se entenderá que es
posible suministrar calor de diversos modos: pasando un
gas caliente alrededor de la zona de unión, calentando el
yunque, o empleando calefacción por resistencia.



Un aspecto sorprendente de esta forma de realización del invento es que el medio dúctil plásticamente deformado presenta, después de la unión, una reproducción perfecta de la zona impresionada de unión, que puede servir para demostrar que ésta se ha efectuado.

Se ha descubierto que, si la unión ha sido bien hecha, la reproducción contiene todos sus detalles, incluso imperfecciones superficiales, mientras que si la unión es defectuosa, lo es también la réplica, de aspecto muy diferente. Además, el medio dúctil puede moldearse en forma de armadura que contenga uno o muchos dispositivos de modo que facilite la colocación de ambos componentes del substrato. El uso de un medio dúctil plásticamente deformable es también muy ventajoso para efectuar uniones seguras a gran escala. Los dispositivos, por ejemplo, circuitos integrados de guía dirigida, van montados a pocos centímetros en una cinta de aluminio como medio dúctil. Para dispositivos pequeños (por ejemplo, de tres conductores) se puede emplear adhesivo como medio de fijación a la cinta. Con dispositivos mayores, disponibles hoy, se prefiere practicar en la cinta aberturas o ventanas bastante grandes para retener el cuerpo del dispositivo. El aluminio está provisto de señales tales como marcas en el borde u orificios, y los dispositivos se colocan en la cinta en exacta relación con ellos. El substrato se coloca bajo el pisón; la cinta se ajusta en su sitio, y se efectúa la unión. Se coloca un nuevo substrato debajo del pisón (esto se puede hacer automáticamente), se adelanta la cinta un espacio, y se hace la si-



guente unión. La alineación del pisón, el desgaste de su superficie y la prensión de material en la punta del pisón se eliminan como problema, por utilizarse un medio dúctil "nuevo" para realizar cada unión. La cinta "usada" es una copia exacta de cada unión y sirve de comprobación.

Las uniones se pueden hacer tambien aplicando energía ultrasónica con ayuda de un medio dúctil plásticamente deformable, y se prefiere esta técnica para unir láminas quebradizas de silicio o similares a substratos (en el presente tecto, las expresiones "energía ultrasónica" o "energía vibratoria ultrasónica" comprenden energía vibratoria substancialmente de cualquier frecuencia, aproximadamente desde 60 hertz al orden de 1 kilohertz). La lámina suele tener las dos superficies mayores metalizadas y galvanizadas antes de cortarla de la placa. El substrato se monta sobre un yunque; la lámina se coloca encima, y se cubre con un medio dúctil o blando, generalmente con un trozo de aluminio varias veces más grueso que la lámina. Se aplica calor durante una fracción de segundo, y luego calor y energía ultrasónica durante otra fracción de segundo. El calor ablanda ligeramente el aluminio, que, con la aplicación de energía ultrasónica, se deforma alrededor de la lámina, tambien ligeramente, pero lo bastante para constituir con ella un par transmisor de energía. En mucho menos de un segundo, la lámina queda unida al substrato. Se han hecho asimismo uniones con energía ultrasónica empleando politetrafluoroetileno, conocido como Teflón (marca de fábrica), en concepto de medio dúctil entre la pieza de labor y la punta soldadora.



En otra forma de realización del invento, las piezas de labar se colocan igualmente sobre un yunque o una mesa, pero en este caso, la propia mesa es capaz de vibración ultrasónica en una dirección paralela a la superficie. Un medio dúctil se hace bajar por encima de la zona de unión, para sujetar juntamente las piezas de labor, y se emplea energía ultrasónica para efectuar tal unión. Es ventajoso aplicar calor a la zona de unión a través del medio dúctil, con lo que se reduce la cantidad de energía ultrasónica necesaria para hacer la unión.

En esta variante, el medio dúctil se deforma con preferencia elásticamente, y está aplicado a la base de un émbolo. Puede ser un material orgánico, como caucho de silicona, o adoptar la forma de varias clavijas con carga elástica montadas en una plantilla o patrón, de modo que la posición de cada clavija corresponda a una sola zona de unión. El empleo de dicho patrón de guía conviene sobre todo para unir dispositivos relativamente grandes.

El invento se comprenderá mejor por la siguiente descripción detallada de varias formas de ejecución, referida a los dibujos anexos, en los cuales :

Las figuras 1A y 1B son alzados lateral y terminal, respectivamente, con todos los elementos en su sitio para unir un conductor a un substrato por termocompresión, conforme al invento;

Las figuras 2A y 2B son alzados similares a los de las figuras 1A y 1B, con todos los elementos en su sitio durante la unión por termocompresión, según el invento;



Las figuras 3A y 3B, corresponden a alzados similares a los de las figuras 1 y 2, con todos los elementos en su sitio después de efectuar la unión por termocompresión;

5 La figura 4, es una elevación lateral de un dispositivo con un haz de conductores colocado sobre un substrato;

La figura 5, similar a la figura 4, muestra el medio dúctil o blando en su sitio;

10 La figura 6, se refiere a un alzado lateral del conjunto de la figura 5, durante la unión por termocompresión, según el invento;

La figura 7, es una elevación lateral del dispositivo de la figura 4, después de la unión;

15 La figura 8, constituye una elevación lateral de un dispositivo de haz de conductores sobre un substrato, preparado para la unión ultrasónica según otra variante del invento;

20 La figura 9, ilustra una elevación lateral del conjunto de la figura 10 durante la unión ultrasónica;

La figura 10, una elevación lateral con todos los elementos colocados para la unión ultrasónica de varios conductores de alambre de punta esférica a un substrato, según otra variante del invento;

25 La figura 11, se refiere a una elevación lateral del conjunto de la figura 10 durante la unión ultrasónica;

La figura 12, es una perspectiva de un marco para dispositivo o dispositivos de haces de conductores, aplicable a la unión por termocompresión, según el invento;



La figura 13, muestra una elevación lateral de una plantilla para uso en uniones ultrasónicas, según el invento;

5 La figura 14, es una vista en planta de la plantilla representada en la figura 13;

La figura 15, se refiere a una elevación en sección transversal de una forma alternativa de realización de la plantilla representada en las figuras 13 y 14;

10 La figura 16, es una elevación, en sección parcial, mostrando todos los elementos en su sitio para unir una lámina de monocristal de silicio a un substrato, de acuerdo con el invento;

La figura 17, es una elevación similar a la figura 16, mostrando los mismos elementos durante la unión; y

15 La figura 18, corresponde a una perspectiva parcial de una máquina capaz de realizar uniones por termocompresión o ultrasónicas conforme al invento.

En las figuras 1 a 3 se expone la unión de un conductor simple a un substrato con la primera forma de realización del invento. Un substrato aislante -10-, con una zona plana metálica -12- en su superficie, se coloca sobre un soporte rígido (no representado). Encima de la parte plana -12- se coloca, sobre el punto deseado, un conductor -14-. Con fines ilustrativos, el substrato -10- es de cerámica aluminica fina, y tanto la zona plana -12- como el conductor -14- son de oro. El medio dúctil tiene la forma de un alambre -16- de metal capaz de formar película como aluminio. Un pisón -18- calentado sujeta primero las piezas de labor al soporte, y, al aplicar presión,

20

25



el alambre -16- y el conductor -14- comienzan a deformarse, como indica la figura 2. En particular, la línea de contacto -20- entre las dos piezas se convierte en zona de contacto -22-, y aparecen prominencias -24- en los
5 bordes no limitados del conductor -14-. Al mismo tiempo, el alambre -16- se deforma en torno del conductor -14-. Terminada la unión, como muestra la figura 3, los abultamientos iniciales deformados han invadido la zona -26-, y el alambre -16- se ha desfigurado hasta el extremo de
10 cubrir toda la zona de unión en ambas piezas de trabajo. El flujo del metal conductor a la zona -26-, frente al metal -12- de la zona plana, contribuye a mejorar la calidad de la unión.

Terminada la unión, se eleva el pisón -18 $\frac{1}{2}$ y se
15 retira el alambre -16-. La presencia de la unión puede comprobarse examinando la impresión dejada en el alambre -16-, que reproduce exactamente la zona de unión. Desde luego, esto es preferible con mucho a la prueba destructiva de desprendimiento por cortadura.

20 El alambre -16- no se une a las piezas de trabajo a causa de la recia película de óxido depositada en su superficie. Como los metales peliculígenos o formadores de película (por ejemplo, aluminio, níquel, titanio y tan talio) muestran siempre esas películas de óxido, cuyo
25 espesor se comprueba fácilmente por anodización, se prefieren en concepto de medio dúctil en esta forma de realización. Se pueden emplear otros materiales, incluso separadores, para impedir que el medio se una a las piezas de labor, pero tales sustancias deben evitarse cuando pue-



dan suscitar un problema de contaminación.

Como el oro es un metal relativamente blando, comparado con aluminio, podría esperarse que el alambre -16- se deformara gravemente o fuese cortado por el conductor -14-, pero no sucede así. Se han conseguido buenas uniones de conductores de oro aún empleando como medio dúctil níquel, que es más duro que el aluminio.

El método de unión descrito proporciona menos uniones deficientes que las técnicas corriente de ultrasonido y termocompresión, y las uniones individuales son de calidad superior, comprobada mediante la prueba de desprendimiento por cortadura.

La siguiente es una explicación posible de esta superioridad: Al parecer, en cualquier caso particular, y suponiendo un tiempo constante de unión, hay un margen de energía de unión total que produce una unión satisfactoria, y esta energía se puede dividir en mecánica y térmica, según se prefiera. Si se aplica una energía de unión total insuficiente, el conductor no se adherirá de modo satisfactorio al substrato, y podrá desprenderse; y si se aplica demasiada energía, el conductor sufrirá daño y se romperá al estirarlo.

Al unir con un medio dúctil, de acuerdo con la forma de realización descrita, el límite superior de energía de unión total que produce una buena unión se eleva sustancialmente, pues el medio dúctil se deforma en lugar de la pieza de labor, y esto disminuye el riesgo de deformar demasiado el conductor. El mecanismo efectivo de unión en la interficie se atribuye a la difusión, cualquie-



ra que sea el tipo de unión empleada. La difusión es un proceso que dependen del tiempo y de la temperatura. Uniendo con medio dúctil, puede emplearse un lapso de unión algo más largo, lo cual permite una difusión mayor en la interficie, y esto proporciona una unión más sólida y mejor. Las mismas consideraciones son aplicables a la unión ultrasónica y a las técnicas de termocompresión, pero los mecanismos actuantes son muy distintos. Por ejemplo, en la unión ultrasónica, el calor procede de fricción interna y externa y de histéresis, además de cualquier fuente exterior que se utilice.

Las figuras 4 a 7 ilustran cómo se une un dispositivo de haz de conductores para circuito integrado a un substrato, de acuerdo con la primera forma de realización del invento. Como muestra la figura 4, el dispositivo comprende una lámina de silicio -28- con conductores de oro -30- que salen de ella. Descansa sobre un substrato -32- con planos metálicos (no representados) debajo de cada conductor.

Como indica la figura 5, un molde o marco hueco -34- se coloca encima de los conductores -30- y alrededor del dispositivo -28-. El molde -34- se extiende sustancialmente por encima del dispositivo -28-, de manera que el pisón caliente no oprima el dispositivo -28-.

La unión se representa en la figura 6. Un pisón caliente -36- presiona sobre el conjunto, y deforma el molde -34- y los conductores -30- del modo ya descrito con referencia a las figuras 1 a 3. Se observará que el molde -34- se deforma exactamente en concordancia con los



conductores, aunque éstos se hallen muy juntos. La figura 7 ilustra el dispositivo unido, después de retirar el molde.

5 El grado de deformación de los conductores durante la unión parece ser función de la figura del medio dúctil y de las propiedades físicas de los materiales principalmente. Las figuras 1 a 3 y 4 a 7 exponen dos configuraciones de un medio dúctil, y dos deformaciones algo diferentes de conductores. Cuando el medio dúctil es una lámina que cubre esencialmente todo el conductor hasta el propio dispositivo, las uniones se realizan con escasa o nula deformación visible de los conductores. En la unión de dispositivos de haz de conductores simple, puede emplearse una lámina sólida del medio dúctil que cubra todo el dispositivo y los conductores, si el dispositivo es bastante resistente. La presión del pisón se aplica en todas partes, y el medio se deforma alrededor del dispositivo y los conductores, produciendo uniones satisfactorias. Es manifiestamente imposible unir el dispositivo, ya que éste y los conductores son sometidos a las mismas fuerzas.

10

15

20

Lo expuesto se puede ilustrar con ayuda de un ejemplo específico de unión de un dispositivo de haz de conductores de 16 conductores a las zonas planas de Au/Ti sobre un substrato de vidrio. El medio dúctil era aluminio 2024 de 0,013 cm de espesor, con un agujero cuadrado de 0,1359 cm estampado en el aluminio. El dispositivo se colocó sobre el substrato, y el aluminio encima, con el orificio ajustado sobre el cuerpo del dispositivo. El

25



pisón era de acero inoxidable, con una punta plana de Inconel calentada mediante un calentador de 150 vatios. La unión se llevó a cabo en 1 1/2 segundos, con una presión total de pisón de unos 22 kgs. (1,36 kg por conductor) a 400 °C. La deformación lateral de los haces por efecto de la unión fué de menos de 10 %. Después de la unión, el dispositivo no pudo desprenderse con aire comprimido a 28 kg/cm². Empleando una herramienta afilada para separar el dispositivo del sustrato, los 16 conductores se rompieron y quedaron adheridos al sustrato.

En general, se ha comprobado que pueden obtenerse buenas uniones por termocompresión empleando el método del invento a temperaturas del orden de 350° a 500 °C, ciclos de unión de 1 hasta 5 segundos y presiones de pisón de 13,5 a 22,7 kg. Se debe advertir, sin embargo, que todos estos parámetros se relacionan entre sí. A temperaturas más bajas, por ejemplo, corresponden ciclos más largos, y viceversa.

Las figuras 8 a 11 ilustran uniones de acuerdo con una segunda forma de ejecución del invento. En esta variante, se utiliza un soporte o una mesa -38- conectada a una bocina ultrasónica para vibración paralela a la cara superior. Es conveniente disponer una ligera depresión -40- en la cara superior del soporte -38-, ajustada al tamaño del sustrato al que han de unirse los conductores. En esa depresión se coloca un sustrato -42-, y, como indican las figuras 8 y 9, se pone encima un dispositivo de haz de conductores -44-. Un émbolo o prensa -46- tiene una punta -48- de un material elásticamente



deformable, capaz de deformarse en torno de un dispositi-
vo, y que sujeta todos los conductores con seguridad al
substrato -42-, aunque sean de diferentes tamaños. El
émbolo -46- puede ser hidráulico, con mando de leva o de
5 solenoide, o puede emplearse otro medio adecuado.

Se aplica energía ultrasónica, que hace vibrar
el soporte -38- en la dirección de la flecha (figura 9)
o sea paralelamente a la superficie. La unión se reali-
za por el método ultrasónico usual.

10 Hasta ahora se ha explicado que puede aplicarse.
ventajosamente calor durante la unión ultrasónica con la
ventaja de prevenir el endurecimiento técnico de los con-
ductores. La aplicación de calor por medio de una punta,
soldadora usual ultrasónica suscita, sin embargo, proble-
15 mas, porque las propiedades sónicas de la punta dependen
en parte de la temperatura. Estos problemas se eliminan
en el presente invento, porque el calor se puede aplicar
por medio del émbolo -46- y del medio dúctil -48-.

La unión de dos conductores de alambre con punta
20 esférica a zonas planas de un substrato, conforme a la
segunda variante del invento, se expone en las figuras
10 y 11. El substrato -42- tiene dos planos conductivos
-50-, y dos conductores de punta esférica -52- situados
encima. Se apreciará que los conductores -52- son sus-
25 tancialmente de distinto tamaño. En este caso, se emplean
émbolos discretos de carga elástica -54- en vez del ele-
mento dúctil -48-, y cada émbolo -54- se adapta a un con-
ductor y lo sujeta firmemente al substrato. La unión se
efectúa del mismo modo descrito antes con referencia a



las figuras 8 y 9, y se suministra ventajosamente calor por medio de los émbolos -54-. Se observará que la variante de las figuras 10 y 11 (y el equipo descrito más adelante en relación con las figuras 13 y 14) sirve sólo para unir conductores de alambre o dispositivos relativamente grandes, y no puede servir para unir dispositivos pequeños de haz de conductores, ni los de circuitos integrados. Tampoco tiene la ventaja de proporcionar una buena reproducción de la unión.

10 La figura 12 ilustra el empleo de un medio dúctil particularmente de un metal peliculígeno, como marco o molde para dispositivos de uno o más dispositivos discretos de conductores en haz. Un marco rectangular -56-, con una abertura -58- en la que se coloca un dispositivo -60- a través del fondo, lleva ligeramente sujetos a la cara inferior mediante un adhesivo los conductores -62- del dispositivo -60-. Alternativamente, la abertura -58- se puede configurar de modo que el cuerpo 60 encaje en ella y quede retenido por fricción. En el exterior del marco 20 -56-, unas señales -64- coinciden con otras correspondientes del substrato al que ha de acoplarse el dispositivo. Otras señales similares (no ilustradas) en la cara inferior del marco -56- facilitan la colocación exacta del dispositivo en tal marco. De este modo se simplifica mucho 25 la coincidencia de cada conductor con su correspondiente plano del substrato. Las líneas de trazos -65- muestran de qué modo el marco -56- puede ser parte de una armadura mucho mayor que aloja varios dispositivos -60-. Como ya se ha mencionado, el marco de conductores puede adoptar



la forma de una larga cinta del medio dúctil. También es posible orientarse con equipo óptico, practicando pequeños orificios en la cinta o el marco de conductores.

5 Las figuras 13 y 14 son una elevación y una planta, respectivamente, de una plantilla para sujetar el dispositivo -60- (figura 12) a fin de unirlo según la variante ilustrada en las figuras 10 y 11. Una placa -66- presenta aberturas -68- para acoplarla en coincidencia exacta con clavijas de una máquina de unir. Se dispone una serie de aberturas -70- en número igual, y espaciadas para la coincidencia con los conductores del dispositivo que se ha de unir. Una clavija -72-, con un pasador de tope -74- junto a un extremo y un aro -76- cerca del otro, se coloca en cada abertura -70-, con un resorte comprimido en parte entre el aro -76- y la cara inferior de la placa -66-; sirviendo el pasador -74- para retener en posición cada clavija -72-.

10

15

La placa -66- está montada en un accesorio verticalmente móvil de una máquina de unir, el cual se baja cuando el dispositivo -60- está colocado sobre un sustrato adecuado en el soporte. Las puntas de las clavijas -72- tocan los distintos conductores, y al bajar más el accesorio, los resortes -78- se comprimen con mayor fuerza y ejercen mediante las clavijas -72- un esfuerzo de sujeción suficiente para producir la unión al aplicar calor y/o energía ultrasónica. La pequeñez de las clavijas -72- puede impedir la aplicación directa de calor a través de ellas en cuyo caso, es posible hacer pasar un gas caliente alrededor de las zonas de unión, o utilizar otros medios.

20

25



La figura 15 ilustra una plantilla que sirve para efectuar la unión de un dispositivo de haz de conductores de acuerdo con la variante de las figuras 8 y 9. Una placa -80- presenta una abertura -82- para su retención en la máquina de unir, y un medio dúctil -84- se fija permanentemente a su cara inferior en torno de un orificio central -86-. Este orificio -86- se destina sólo a la comprobación visual de la coincidencia entre el substrato, el dispositivo y el medio dúctil -84-. Para este último se prefiere un material elásticamente deformable, como caucho de silicona o similar. La unión se realiza del mismo modo ya descrito. Debe advertirse que las plantillas expuestas en las figuras 13 a 15 pueden tener cualquier configuración adecuada para unir dispositivos, conductores de alambre o similares a substratos de diferentes tamaños.

Las figuras 16 y 17 ilustran la forma preferida de realización del invento para unir a un substrato láminas quebradizas cortadas de placas de monocristales. Estas figuras representan la unión de una lámina de silicio a un perno de cobre para uso como rectificador de energía. En un agujero -90- de un yunque -88- encaja ajustado un perno o espárrago de cobre -92-, con la cabeza apoyada en la superficie del yunque. El perno -92- suele hacerse de cobre, con objeto de dar salida al calor, pues como el silicio y el cobre tienen propiedades de dilatación térmica muy diferentes, es necesario aplicar un molde previo adecuado -93- a su superficie. El molde -93- puede ser de molibdeno, tungsteno, tungsteno compacto impregnado de



plata, o similar. Su finalidad es absorber las sobrecargas térmicas del cobre, y evitar que se cuartee el elemento activo. Generalmente se suelda al perno de cobre -92-. Una chapita de sílice -94- se coloca sobre el molde -93-. Dicha chapita debe estar metalizada y galvanizada por su cara inferior, pero esto hay que hacerlo igualmente para soldar con fundente o sin él. El medio dúctil -95-, que puede ser asimismo un metal peliculígeno, como aluminio, se pone encima de la chapita de sílice -94-, y la punta soldadora -96- se dirige hacia ella y se baja para sujetar el conjunto en su sitio; no hace falta decir que la presión de sujeción debe ser muy pequeña. Se aplican calor y energía ultrasónica durante una fracción de segundo, con la punta soldadora vibrando en la dirección de la flecha (figura 17). Como se expone también la figura -17-, el medio dúctil -95- se deforma alrededor de la chapita -94-, y la breve aplicación de energía de unión basta para unir la chapita -94- al molde -93- sin deformarla ni agrietarla. Desde luego, la energía total aplicada variará según el tamaño de la chapita y los materiales empleados.

Otro ejemplo de esta variante del invento es el de un diodo laser de unión, de arseniuro de galio que fué metalizado con oro por ambos lados y unido a un sustrato galvanizado de Au/Ti. La lámina era de aproximadamente 0,025 cm con menos de 0,013 cm de espesor. Se colocó sobre la superficie de un sustrato, y se dispuso encima de ella un trocito de aluminio muy puro, de 0,038 cm de espesor. Una punta de unión ultrasónica se situó por encima



del conjunto, y se aplicó una presión de sujeción aproximada de 0,7 kg. Se aplicó calor a través de la punta, y un segundo después, se aplicó energía ultrasónica a razón de 1 vatio, desde un generador de 40 Kh, durante medio
5 segundo. La temperatura exacta alcanzada por el aluminio o la lámina no se pudo medir, pero la punta soldadora alcanzó los 315 °C. La presencia de una buena unión se confirmó conectando la lámina en un circuito a través del oro situado sobre el substrato y la placa superior de contacto;
10 la lámina funcionó como un diodo laser, y emitió luz.

La figura 18 es una perspectiva simplificada de una máquina de unir, destinada a hacerlo por la mayoría de los métodos del invento. Debe entenderse que, para fines comerciales, se construirán máquinas destinadas a emplear
15 una forma particular de realización, y no cualquiera de ellas.

En la figura 18, la base 100 es solidaria de una porción posterior -102-, y constituye con ésta el soporte de la máquina. Un brazo -104- (representado parcialmente)
20 de forma general en U, sale del dorso -102- y sustenta un microscopio binocular adecuado (no representado) para que lo use el operador al colocar los diversos elementos. La base -100- tiene una mesa rígida -106-, en la cual descansa una placa -108- acoplada a una bocina ultrasónica -110-
25 que hace vibrar la placa -108- en el plano horizontal. La fuente de energía ultrasónica es corriente, y no se representa. Una segunda placa -112- está atornillada a la placa -108- mediante cuatro tornillos -114-. La placa -112- presenta una depresión central -116- en su cara superior,



para alojar y retener un substrato específico. La razón de emplear una placa aparte -112- es poder acomodar fácilmente substratos o tableros de circuito de diversos tamaños.

5 Un montante -118- está situado en el centro frente al dorso -102-; sirve para montar las partes de la máquina dotadas de movimiento vertical. El montante -118- tiene una cremallera -120- en su cara vertical anterior, la cual engrana con uno o varios piñones (no representados) de dichos elementos, aproximadamente de la misma manera como sube y baja sobre su soporte el tubo de un microscopio.

15 Para unir mediante termocompresión, en el montante -118- se instala un mecanismo de pisón -122- impulsado hidráulicamente o por solenoide. Este mecanismo tiene un pisón -124- dirigido hacia abajo, con punta recambiable -126-. La razón de que tenga esta punta -126- es también para acomodar dispositivos de diversos tamaños y puntas de diferentes tipos. Así, la punta -126- puede ser de un metal peliculígeno plásticamente deformable, abierta, 20 o una pieza plana de molibdeno (cuando se emplea un marco de conductores). Se disponen ajustes ordinario y de precisión -128-, -130- para situar el pisón -124- antes de unir. Un indicador -132- indica la presión del pisón, y 25 otro -134- señala la temperatura. La potencia necesaria para impulsar y calentar el pisón llega por la línea -136-. Pueden disponerse otros controles, si es necesario.

Para unión ultrasónica de conformidad con el invento, el mecanismo de pisón -122- se reemplaza por el acceso-



rio -136-, que tambien tiene uno o varios pifiones (no re-
presentados) y se puede montar sobre la cremallera -120-
del montante -118-. El accesorio -136- es un simple mar-
co -138- con una abertura -140- provista de resalto anu-
5 lar -142-. La abertura -140- y el resalto -142- pueden
alojar y retener una plantilla como la ilustrada en las
figuras 13 a 15. En el resalto -142- se disponen unas es-
pigas fileteadas (no representadas) que coinciden con los
orificios (68, 82) de la plantilla, para atornillarla. La
10 unión ultrasónica conforme al método descrito con relación
a las figuras 16 y 17 requiere naturalmente una bocina ul-
trasónica en vez del conjunto de pisón -122-.

Al unir por uno u otro método, se coloca el subs-
trato en la depresión -116-, y encima, el dispositivo (o
15 los conductores). El elemento operante, pisón -124- o
accesorio -136-, se hace bajar hasta el conjunto, y el
pisón -124- o la bocina -110- suministran energía de unión.
En uno u otro caso, todos los conductores se unen inme-
diatamente, y la unión resulta satisfactoria y segura.
20 Por ejemplo, un operario razonablemente hábil puede unir
por lo menos 12 dispositivos de haz de 16 conductores a
distintos substratos en una hora, y mantener este rendi-
miento una jornada entera sin excesiva fatiga. La pro-
porción de desechos es insignificante. Con un equipo
25 automático adecuado de colocación y marcos grandes para
conductores, el ritmo de producción debe ser mucho mayor.
Por ejemplo, se pueden practicar pequeños orificios en el
marco, en puntos específicos, a fin de determinar las po-
siciones exactas con un equipo óptico. La ventaja más im-



portante, desde luego, es que el ritmo de producción y la seguridad serán exactamente iguales con un dispositivo más complejo, aunque tenga cien o más conductores, pues ya no es difícil unir. Otra ventaja muy principal, cuando se emplea un metal plásticamente deformable como medio dúctil, es la de tener una reproducción exacta de cada unión hecha. Para una determinada pieza de labor, se pueden usar varias réplicas como norma para juzgar cada reproducción, lo que indica que existe una unión para cada conductor y calidad. Cuando el medio dúctil metálico tiene la forma de un marco o bastidor de conductores, se cuenta además con la ventaja de presentar el dispositivo en forma muy manejable, fácil de colocar sobre el substrato.

15

N O T A
=====

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención :

20

1. - Método para unir piezas de labor, en el que éstas se sujetan juntas por las zonas de unión entre un soporte y un medio dúctil, y se les aplica suficiente energía de unión por vía mecánica o por una combinación mecánica y térmica, para realizar la unión.

25

2. - Método según la reivindicación 1, en el que el medio de unión es elásticamente deformable.

3. - Método según la reivindicación 1, en el que el medio de unión es plásticamente deformable.

4. - Método según la reivindicación 3, en el que



el medio de unión es un metal revestido de una capa adherente de óxido, como aluminio.

5. - Método según la reivindicación 3, en el que el medio de unión es politetrafluoroetileno.

5 6. - Método según las reivindicaciones 3, 4 ó 5^m en el que el medio de unión es capaz de retener una impresión de la unión efectuada.

10 7. - Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las piezas de labor comprenden una pluralidad de conductores eléctricos metálicos finos y una pluralidad de zonas planas metálicas sobre un substrato, efectuándose las uniones entre los conductores y las zonas planas.

15 8. - Método según la reivindicación 7, en el que los conductores son una pluralidad de conductores procedentes de uno o más dispositivos eléctricos.

9. - Método según la reivindicación 8, en el que al menos uno de los dispositivos eléctricos es un dispositivo de circuito integrado semiconductor.

20 10. - Método según las reivindicaciones 8 ó 9, en el que el medio dúctil cubre todo el dispositivo durante la unión.

25 11. - Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que una primera pieza de labor es un cuerpo cristalino frágil con una película de metal en una de sus caras, y la segunda pieza de labor comprende una zona plana metálica, efectuándose la unión entre la película metálica y la zona plana, y el medio dúctil rodea y sujeta el cuerpo cristalino frágil durante la unión.



12. - Método según la reivindicación 1, en el que se han de efectuar uniones entre una o más primeras piezas discretas de trabajo y una o más segundas piezas, y el medio dúctil comprende una o más clavijas elásticamente montadas, cada una de las cuales puede acoplarse con la respectiva primera pieza de labor.

13. - Método según la reivindicación 7, en el que la unión se efectúa, al menos en parte, mediante vibraciones ultrasónicas, cuyas vibraciones son de dirección sustancialmente paralela al plano del sustrato.

14. - Método según las reivindicaciones 8 ó 9, en el que el medio dúctil presenta una abertura o aberturas destinadas a retener en posición el dispositivo o dispositivos eléctricos mientras se efectúa la unión.

15. - Método según la reivindicación 7, en el que los conductores se mantienen en posición respecto al medio dúctil mediante un adhesivo, antes de efectuar la unión.

16. - Método según la reivindicación 12, en el que las piezas de labor se mantienen en posición, antes de efectuar la unión, por medio de una plantilla provista de aberturas separadas para cada una de las clavijas montadas elásticamente.

17. - Método para unir piezas de labor.

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

BARCELONA, 3 de julio de 1968.

P.A.





FIG. 1A

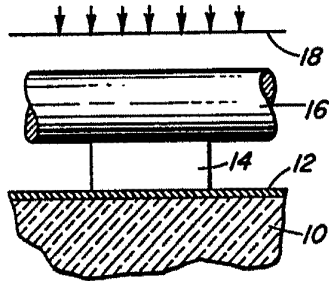


FIG. 1B

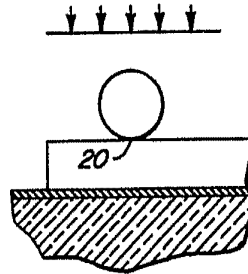


FIG. 2A

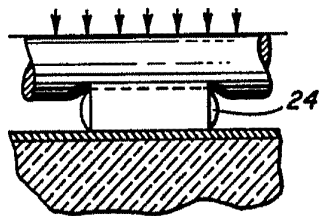


FIG. 2B

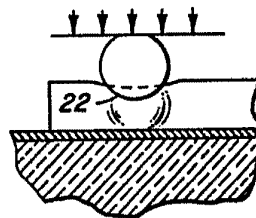


FIG. 3A

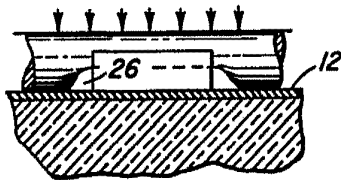
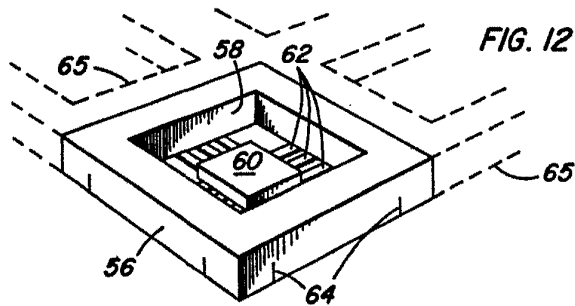
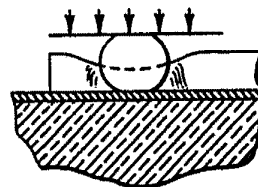


FIG. 3B



WESTERN ELECTRIC CO. AUTO. DIV.
[Handwritten signature]

A Conductor, 3



FIG. 4

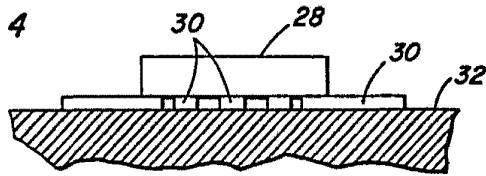


FIG. 5

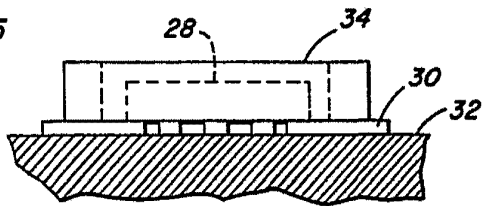


FIG. 6

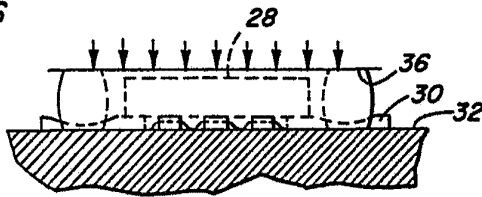


FIG. 7

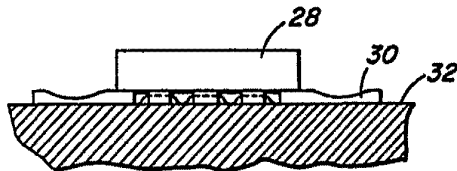


FIG. 8

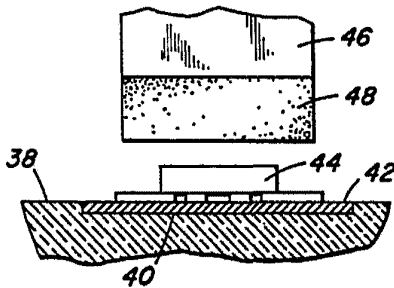
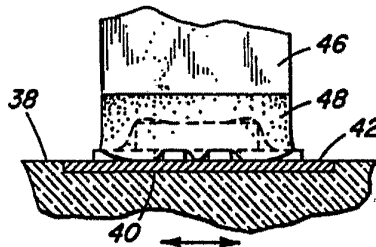


FIG. 9



PROY. AUTORIZACION



FIG. 10

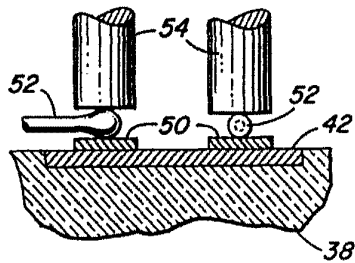


FIG. 11

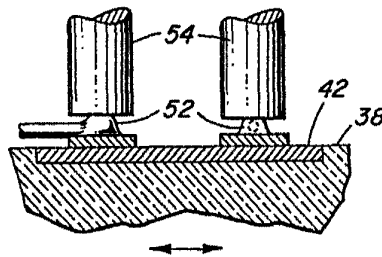


FIG. 13

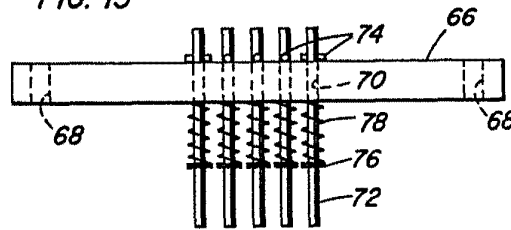


FIG. 14

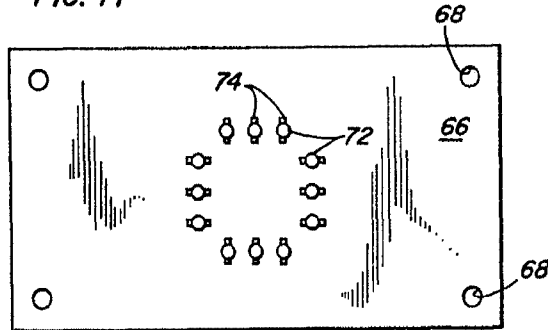
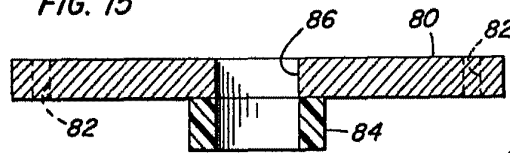


FIG. 15



FOR AUTHORIZATION



FIG. 16

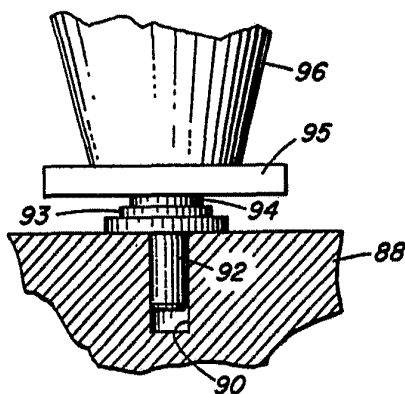
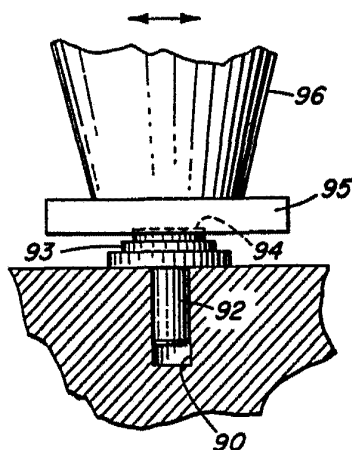


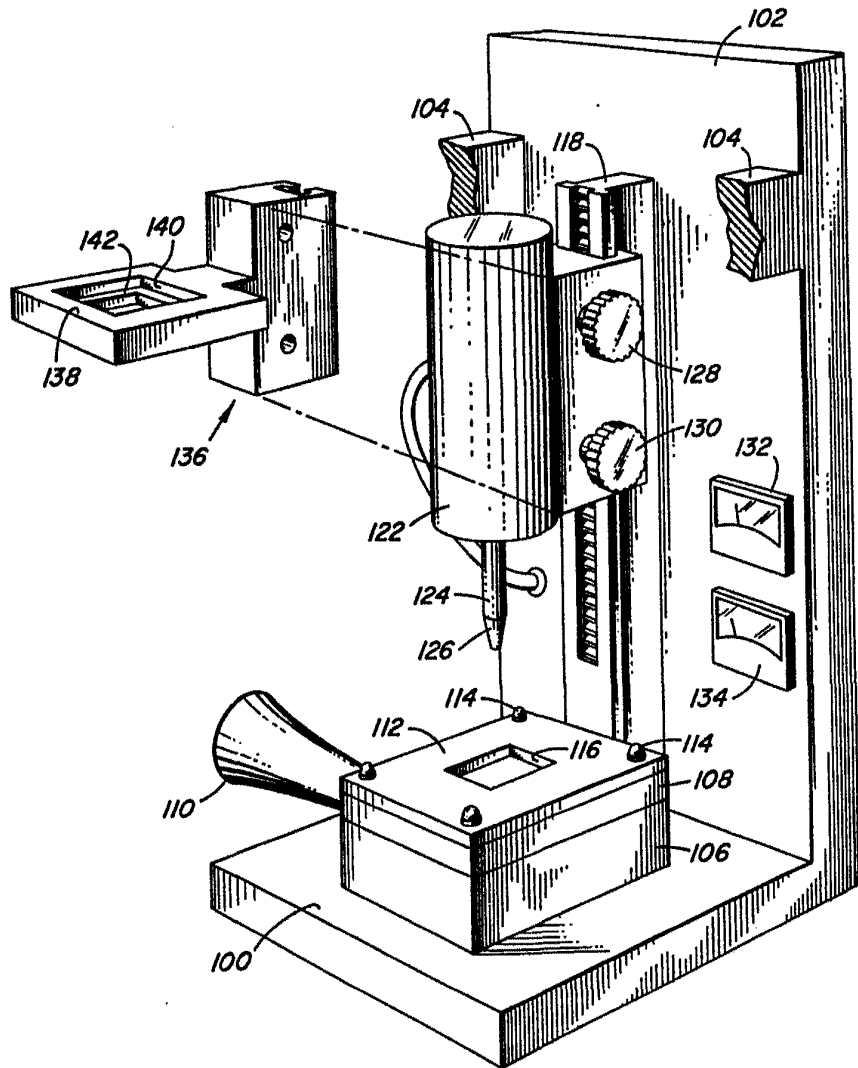
FIG. 17



FOR AUTOMATION



FIG. 18



FOR AUTHORIZATION
[Handwritten signature]