



PATENTE DE INVENCION

PA 53/1905 Sp.

254475

Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento y dispositivo para la fusión por zonas, sin crisol".

Solicitante: SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT, entidad alemana, residente en Werner-von-Siemens-Strasse 80, ERLANGEN, Alemania.

La invención se refiere a un procedimiento para la fusión por zonas, sin crisol, de un cuerpo alargado, en forma de barra, de material cristalino, preferentemente de material semi-conductor. Este procedimiento conocido

5. es una clase mejorada del procedimiento de fusión por zonas y se emplea preferentemente para materiales con un

254475

- 2 -



- punto de fusión muy elevado, tal como por ejemplo silicio en los cuales, con el empleo de un crisol de fusión se obtienen dificultades, pero también es adecuado para el tratamiento de germanio, antimonio de aluminio y
5. similares, y consiste en que los dos extremos del cuerpo en forma de barra se sujetan firmemente y una zona de sección de espesor más reducido, evitándose un crisol o similar, se licuifica mediante calentamiento. El dispositivo de calentamiento necesario para ello y la barra cristalina se mueven, en dirección longitudinal de esta
 10. última, relativamente uno hacia la otra, de manera que la zona de fusión se traslada longitudinalmente a través de la barra. Aquí se pueden, para influenciar la forma de sección de la pieza fundida, mover también los extremos
 15. de la barra relativamente uno hacia el otro en dirección del eje de la barra. Los cuerpos iniciales disponibles para un tratamiento de esta índole, que se pueden obtener en forma conocida, por ejemplo por prensado de un material semiconductor en forma de polvo y limpiado, en
 20. caso dado bajo adición de un aglutinante y ulterior sinterizado, tienen en la mayoría de los casos una superficie de sección relativamente grande, en la magnitud de 1 cm², que es un múltiplo de la superficie de los
 25. cuerpos semi-conductores terminados que se emplean como pequeños discos de pocos mm², equipados con los contactos correspondientes, para detectores de cristal, conductores directrices, transistores, fototransistores, varistores y similares. Para la obtención de los últimos se subdivide por lo tanto varias veces la sección de la pieza fundida



por vía mecánica, por ejemplo, mediante sierra. Esta subdivisión precisa máximo esmero, implica mucho tiempo y causa considerables desperdicios de material debido a las inevitables virutas.

5. La invención posibilita, con respecto a esto, una simplificación del procedimiento de fabricación.

- De acuerdo con la invención, el procedimiento de fusión por zonas, mencionado al principio, se desarrolla de modo que los extremos de la barra, durante el proceso de tratamiento, se separan entresí, haciendo que la sección de la pieza fundida terminada se disminuya con relación a la sección del cuerpo inicial. De esta manera se reduce el número de los procesos de mecanización necesarios para la división de la sección. Estos últimos pueden hacerse asimismo totalmente imprescindibles haciendo, mediante una velocidad adecuada del movimiento mutuo de los extremos de la barra, que la sección de la barra ya desde un principio tenga la medida adecuada para los cuerpos semiconductores en forma de discos. En caso dado se puede para ello pasar varias veces consecutivas una zona de fusión a través de la barra, de manera que la sección se reduzca escalonadamente. Para la ulterior mecanización solo se precisa entonces subdividir la pieza fundida, así obtenida, en dirección axial, serrando simplemente piezas en forma de disco.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

En el sentido antedicho significa ya la obtención de una pieza fundida de máximo 10 mm² de sección una simplificación en la fabricación. Siempre que la sección sea superior a 5 mm², la barra de fusión por regla general

254475 - 4 -



- no necesita de una guía especial durante su proceso de fabricación. En una sección de pieza fundida de máximo 5 mm² entra ya prácticamente en consideración un empleo directo de los discos cortados para su ulterior elaboración sin necesidad de subdivisión adicional. Pero también se pueden fabricar secciones más pequeñas, por ejemplo, aquellas de 1 mm² y menos. Al estirar a secciones extremadamente delgadas precisa de una guía especial la
5. parte adyacente a la zona de fusión de una barra tan débil. Con este fin se puede aplicar en las proximidad del dispositivo de calentamiento un dispositivo de guía especial, tal y como está indicado en el ejemplo de ejecución representado en el dibujo de un dispositivo adecuado para la ejecución del procedimiento descrito.
10. En la figura 1 está representado el dispositivo, en corte I - I, visto desde delante, en la fig. 2, en corte II - II, visto desde el lado. Fig. 3 muestra un corte III - III en vista de planta con la caperuza retirada. Las figs. 4 y 5 son representaciones parciales para aclarar las conexiones eléctricas y los circuitos de corriente, y en las fig. 6 hasta 8 se han destacado especialmente algunas piezas del dispositivo.
15. En el dibujo tiene el extremo superior de la barra 11 una sección relativamente grande, el extremo de la barra inferior 12, que ya ha pasado por el proceso de fundición, una sección relativamente pequeña. En la zona de fusión 13 se encuentra el material líquido en forma de gota. Un soporte 14, para el extremo inferior de la barra, está alojado en una placa base 15 en forma giratoria y
- 20.
- 25.



cerrado herméticamente al vacío, que puede ser, por ejemplo, el fondo de un recipiente en el que se efectúa el procedimiento en vacío o bajo gas protector. Para esta finalidad se ha previsto en la placa base 15 una tubuladura 75 para la conexión de una bomba de alto vacío o un depósito de gas. La caperuza 31 del recipiente se compone de acero y está rodeada, en varias vueltas, por un serpentín de refrigeración 32, soldado a ella, de tubo de cobre, que se puede conectar a una tubería de agua. Está herméticamente cerrada por una capa de junta intermedia 33 y se puede sujetar mediante mordazas de rosca 34. La placa base descansa sobre un armazón de tres patas 35 de manera que sea fácilmente accesible desde abajo. A través de la placa base 15 se han conducido, en forma giratoria y hermética al vacío, dos husillos 16 y 17, provistos con paso de rosca. Sobre el husillo 16 se desplaza un soporte 18 de latón provisto con paso de rosca interior, en el que se ha sujetado el soporte 19 para el extremo de la barra superior 11 a través de un brazo 29 convenientemente compuesto de material aislante. Sobre el husillo 17 se desplaza un soporte 20 compuesto asimismo de latón, que lleva el dispositivo de calentamiento. Los soportes 18 y 20 se deslizan en bastidores guía, compuestos cada uno de dos barras redondas 46, 47, respectivamente 48, 49, de acero, que en sus extremos están unidas entre sí por travesaños 50, 51 o 52/53. Los travesaños inferiores 50 y 52 están sujetos sobre la placa base, por ejemplo, soldados. Las barras redondas 48 y 49, que guían el soporte que lleva el dispositivo de calentamiento, se ejecutan conveniente-

25447526



- mente huecos, tal como muestra la fig. 6. Las aberturas superiores de los huecos están unidos entre sí por un canal en el interior del travesaño 53, las aberturas inferiores están unidas a través de taladros adecuados en la placa base 15 con tubuladuras 54 y 55 a través de las cuales se puede alimentar y evacuar el agua de refrigeración.
- 5.
- El dispositivo de calentamiento se compone, por ejemplo, de una chapa de wolframio doblada en forma de anillo 22 que se calienta mediante una corriente eléctrica en la magnitud de 100 A hasta unos 2000° C. Las conexiones 23, compuestas en una sola pieza con el anillo de calentamiento, 22, sirven para la alimentación de la corriente de calefacción. Están sujetas al soporte 20 con una capa intermedia de mica mediante una placa de cobre 28. La placa 28 está sujeta al soporte 20 mediante tornillos aislados. La sección conductora de corriente de las conexiones 23 se puede duplicar, como se puede apreciar por la Fig. 5, mediante el doblado de los extremos enganchados. En el soporte 20 y en la placa 28 se encuentran bornas de conexión 36 respectivamente 37 para cable de alimentación flexible 38, que se conducen a pernos de paso 39 colocados en la placa base. Los cables de alimentación están señalados esquemáticamente en el dibujo, (Fig. 5). Se componen ventajosamente de cordón pulido con trocitos de tubo de cristal cortos colocados uno detrás del otro, que garantizan el aislamiento necesario con suficiente movibilidad de los cables. Los pernos de paso 39 están unidos con el arrollamiento de alta tensión de un transformador auxiliar 40, cuyo bobinado primario es alimentado a través de un autotransformador 41 con toma de
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

254475



5. regulación de una red de tensión alterna con las bornas 42, de manera que en el lado secundario del transformador auxiliar 40 se puede ajustar una tensión entre 0 y por ejemplo 10 Voltios. Los muñones de eje 43 y 44, que sobresalen de la placa base 11 hacia abajo de los husillos roscados 16 respectivamente 17, son accionados a través de reductores adecuados, por ejemplo, engranajes helicoidales 80, 81, por pequeños motores en derivación de corriente continua 82,83, que pueden estar sujetos al armazón 35 en forma adecuada. La proporción de sus velocidades está graduada de manera que el soporte 20 se mueva más deprisa hacia arriba que el soporte 18. El dispositivo de calentamiento 22 se mueve hacia arriba mediante el soporte 20, por ejemplo, con una velocidad en la magnitud de 0,5 hasta 5 mm/min. Si mientras tanto el soporte de la barra superior 19 se mueve, mediante el soporte 18, a la mitad de la velocidad hacia arriba, entonces la sección del extremo de la barra inferior 12 resulta la mitad de grande que la de la parte superior de la barra 11. Mediante selección adecuada de las velocidades se puede estirar la pieza fundida a cualquier delgado deseado. La proporción de velocidades se puede ajustar también mediante un engranaje mecánico o mediante mando eléctrico automático y en caso dado variarse arbitrariamente durante el servicio o regularse automáticamente.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

Mediante una placa de fijación 57 se ha montado en el soporte 20 aún un dispositivo de guía 21 para el extremo libre de la parte inferior de la barra 12. Este se compone por ejemplo, según la fig. 7 y 8, de un soporte 56



que abarca en forma semi-anular la parte de la barra 12, en el que se han introducido varios, por ejemplo, dos cuerpos de guía 25 y 26, de los cuales por lo menos uno está alojado en forma cedente, estando éste, por ejemplo, bajo la presión de un resorte 27. Los cuerpos de guía 25 y 26, que pueden componerse por ejemplo de carbón o de óxido de aluminio, están convenientemente ahuecados cilíndricamente en la superficie interior que entra en contacto con la barra 12. Mediante ellos se guía el extremo libre de la barra coaxialmente con el dispositivo de calefacción 21 y el extremo superior de la barra 11.

Un dispositivo de guía similar 24 puede asimismo estar previsto para el extremo superior de la barra 11; éste está sujeto asimismo al soporte 20 mediante una placa de fijación 58. Los dispositivos de guía 21 y 24 pueden emplearse simultáneamente como alimentaciones para una corriente eléctrica en la magnitud de algunos amperios, que se puede hacer pasar adicionalmente a través de la zona de fusión 13. Con este fin están los soportes 56, compuestos de material conductor, por ejemplo, latón, en contacto conductor con las placas de fijación 57 y 58 asimismo compuestas de metal conductor, pero aisladas del soporte 20 y de los tornillos de sujeción en forma conocida por capas intermedias de material no conductor, resistente al calor, por ejemplo, mica. Las placas de fijación 57 y 58 están provistas con tornillos de conexión 59,60, desde las cuales conducen tuberías 61 hacia los pasos 62 herméticos al vacío de la placa base 15. Los pasos 62 están conectados a las bornas 78 de una fuente



de corriente continua o alterna.

- Además se han previsto dispositivos mediante los cuales, según una proposición anterior, los extremos de la barra 11 y 12 se pueden poner en rotación. El muñón del eje 63 del soporte, conducido herméticamente al vacío a través de la placa base 15, están para ello acoplado a través de un engranaje reductor 64, en forma conocida, con un motor de accionamiento 65. El soporte superior 19 están asimismo provisto con un muñón de eje 66 que está alojado en un taladro del brazo portador 29 y lleva una rueda dentada 67. Una segunda rueda dentada 68 está alojada en otro brazo 69, asimismo sujetado en el soporte 18, de manera que esté en constante engranaje con la rueda dentada 67. El buje de la rueda dentada 69 está taladrado y a través de este taladro sobresale un eje 70 provisto de una canal longitudinal 71. En esta canal longitudinal engrana un pasador arrastrador 72, atornillado en el buje de la rueda dentada 68, de manera que esta rueda dentada sea arrastrada por el eje en giro 70 y de esta manera pueda deslizarse hacia arriba y abajo sobre el eje. El eje 70 está abajo alojado en forma hermética al vacío en la placa base 15. El extremo del eje, que pasa a través de la placa base, está acoplado a través de un engranaje reductor 73 con un motor de accionamiento 74. Con el dispositivo ultimamente descrito es, por lo tanto, posible poner en giro o bien el extremo de la barra superior 11 por sí solo o el extremo de la barra inferior 12 por sí solo o ambos extremos de las barras simultáneamente en igual sentido de rotación o en sentido inverso, y esto a velocidades arbitrarias entre
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

254475²⁶0



- 0 y 1000 r.p.m. o más. De esta manera se puede, por ejemplo, influenciar la forma de la zona de fusión en cualquier forma deseada. De esta manera se logra también por ejemplo llevar las impurezas que se encuentran en estado sin disolver en la zona de fusión, con ayuda de la fuerza centrífuga, a la superficie de la barra desde donde más adelante se pueden retirar con facilidad.
- 5.
- Bajo circunstancias puede ser ventajoso para la estructura de la pieza fundida si durante el tratamiento se hace vibrar la zona líquida. Las vibraciones se pueden provocar, por ejemplo, por un motor de vibración 76 que en sus extremos del eje lleva masas excéntricas 77 y está sujeto a la placa base 15. La placa base 15 se alojará convenientemente con patas de goma 79 sobre el armazón 35.
- 10.
- En caso de que el procedimiento se efectúe en vacío, se ha demostrado ser conveniente hacer el ancho de luz de la cámara de vacío muy grande en relación con el diámetro del dispositivo de calentamiento en forma anular. Según la Fig. 1 hasta 3 el ancho de la caperuza 31 es, por ejemplo, aproximadamente diez veces el diámetro del anillo de calefacción 22. La ventaja de una disposición tan amplia se reconoció por las observaciones en un dispositivo para la fusión por zonas sin crisol efectuadas con un tubo de cuarzo, que cerraba estrechamente la barra semi-conductora y el dispositivo de calefacción, en el cual se efectuó el proceso de fusión por zonas en una barra de silicio bajo alto vacío. En la pared interior del tubo de cuarzo se formó una precipitación del silicio evaporado de la zona de fusión. Esta precipitación se hizo en el transcurso de pocos pasos de zonas tan espesa que hizo
- 15.
- 20.
- 25.

254475

26



imposible la observación ulterior de la zona de fusión en traslación. Para poder restablecer la posibilidad de observación hubiera habido, por lo tanto, que retirar esta sedimentación. Para ello habría sido necesario interrumpir el proceso de tratamiento y abrir la cámara de vacío.

5.

Después de volverse a cerrar la cámara se tendría primeramente que restablecer el vacío antes de poder continuar con el tratamiento. Después de un mayor número de pasos de zonas alcanzaba la sedimentación tal espesor, que partes de la

10.

misma, debido al constante cambio de calentamiento al pasar la zona de fusión y ulterior enfriamiento cada vez se deshojaban de la pared del tubo de cuarzo y se caían. Cuando ahora, en el momento en que esto sucede la zona de fusión pasa justamente un lugar más bajo de la barra, entonces

15.

las partes deshojadas de la sedimentación pueden llegar a la zona de fusión y ensuciar ésta, ya que la sedimentación contiene naturalmente también impurezas, por ejemplo, aquellas que de la zona de fusión se evaporaron junto con el silicio durante los primeros pasos de zonas. Las partículas de sedimentación deshojadas y que llegan a la

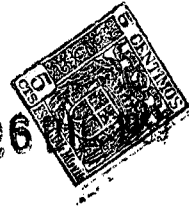
20.

zona de fusión vuelven allí a fundirse de nuevo. De esta manera llegan nuevamente impurezas a la zona de fusión y a la parte de la barra de silicio que pasa a continuación la zona de fusión. De esto se desprende que la finalidad

25.

principal de la fusión por zonas sin crisol, es decir, el logro de un silicio extremadamente puro, puede quedar malogrado por el empleo de un recipiente de vacío estrecho. Las desventajas descritas se evitan si la cámara de vacío tiene un ancho de luz considerablemente mayor ya que aquí,

254475²⁶



- con igual cantidad de material evaporado de la zona de fusión, el espesor de la sedimentación es considerablemente menor debido a la mayor superficie de la pared interior. El retirar el revestimiento resulta por lo tanto solo necesario después de un tiempo de utilización mayor y puede efectuarse ocasionalmente, cuando la cámara de vacío esté ya abierta de todas maneras, por ejemplo, al retirar una barra de silicio terminada de tratar o al colocarse una barra nueva. Además, las partículas de la precipitación que se deshojen tampoco pueden llegar a la zona de fusión, ya que su distancia de la pared interior es demasiado grande.
- 5.
- 10.

El procedimiento descrito sirve tanto para limpiar como para estirar monocristales.

15.

N O T A

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Alemania con fecha 30 de diciembre de 1.953, Nº S. 36.998 VI/40 d, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los convenios internacionales en vigor, y siendo lo que constituye la esencia del referido invento, y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España: "Procedimiento y dispositivo para la fusión por zonas, sin crisol"; caracterizándose por lo siguiente:
- 20.
- 25.



5. 1º.- Procedimiento para la fusión por zonas, sin crisol, de un cuerpo alargado en forma de barra, de material cristalino, preferentemente de material semiconductor, en el que, para influenciar el tamaño de la sección de la pieza fundida, los extremos de barra fijamente sujetos se mueven uno hacia el otro en dirección del eje de la barra, caracterizado porque los extremos de la barra, durante el proceso de tratamiento, se separan entre sí de manera que la sección de la pieza fundida terminada disminuye con relación a la sección del cuerpo inicial.
10. 2º.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizado porque la sección de la pieza fundida se pone a la medida adecuada para los cuerpos semiconductores en forma de disco, mediante una
15. velocidad adecuada del movimiento recíproco de los extremos de la barra.
20. 3º.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizado porque la velocidad del movimiento recíproco de los extremos de la barra se escoge de manera que la pieza fundida terminada reciba una sección de máximo 10 mm².
25. 4º.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizado porque la velocidad del movimiento recíproco de los extremos de la barra se escoge de manera que la pieza fundida terminada reciba una sección de máximo 5 mm².
- 5º.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizado porque la velocidad del movimiento recíproco de los extremo de la barra se



escoge de manera que la pieza fundida terminada reciba una sección de máximo 1 mm².

5. 6^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2^a, caracterizado porque de la pieza fundida terminada, mediante una simple separación mecánica de piezas en forma de disco, sin ulterior subdivisión, se obtienen los cuerpos semi-conductores listos para la colocación de contactos.
10. 7^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1^a, caracterizado por un dispositivo de guía adicional para la parte adyacente de la pieza fundida debilitada, cerca del dispositivo de calentamiento.
15. 8^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 7^a, caracterizado porque el dispositivo de guía está fijamente unido con el dispositivo de calentamiento.
20. 9^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1^a, caracterizado porque la cámara de vacío tiene un ancho de luz muy grande en relación con el diámetro del dispositivo de calentamiento en forma de anillo.
25. 10^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 9^a, caracterizado porque el ancho de luz de la cámara de vacío es aproximadamente diez veces el diámetro del dispositivo de calentamiento.
- 11^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 9^a, caracterizado porque la cámara de vacío se compone de metal, preferentemente acero, y está provista con un dispositivo de refrigeración por líquido.

254475



12^o.- Procedimiento y dispositivo para la fusión por zonas, sin crisol; tal y como queda substancialmente descrito en la presente memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.

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

Madrid, 26 DIC. 1950.

SIEMENS-SCHÜCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT.

J. BOMEZ ACEBO Y MODET
P. P.

ESCALA VARIABLE.
254475



26

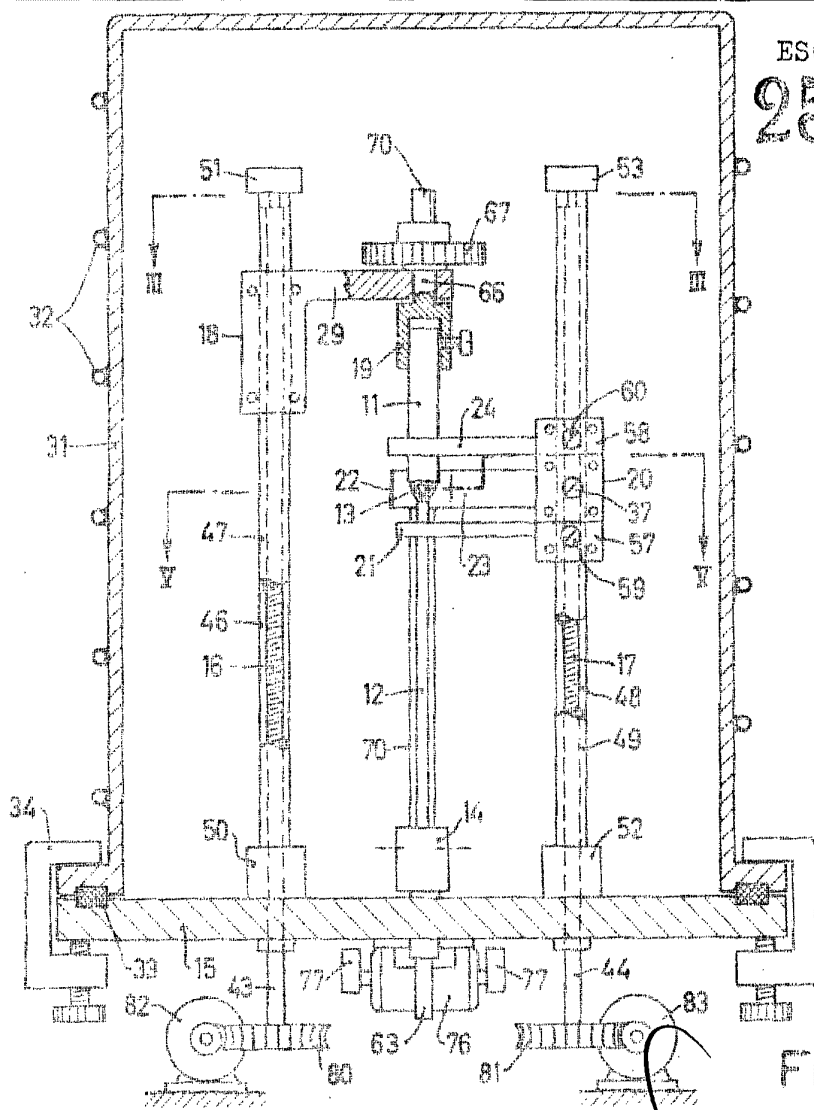


Fig. 1

Madrid, 26 DIC. 1919

J. GÓMEZ AGEBO Y MODA

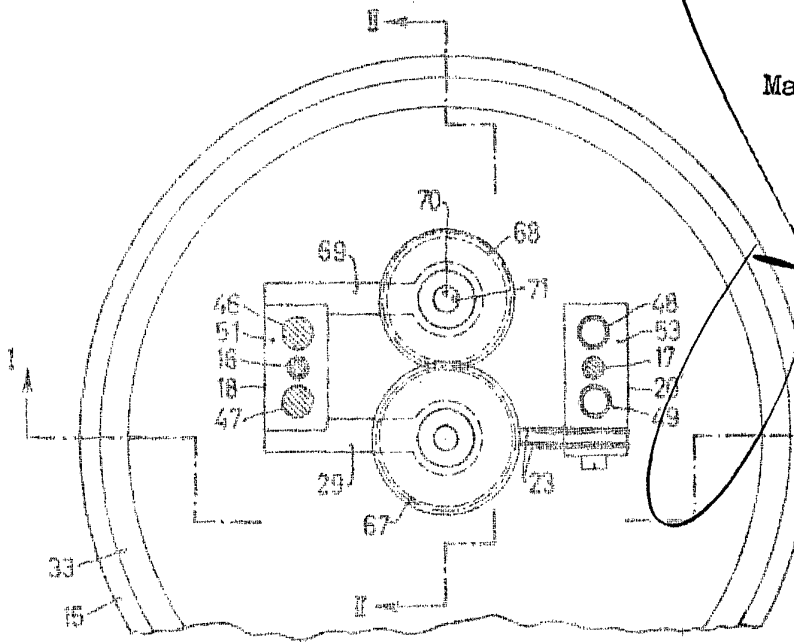


Fig. 3

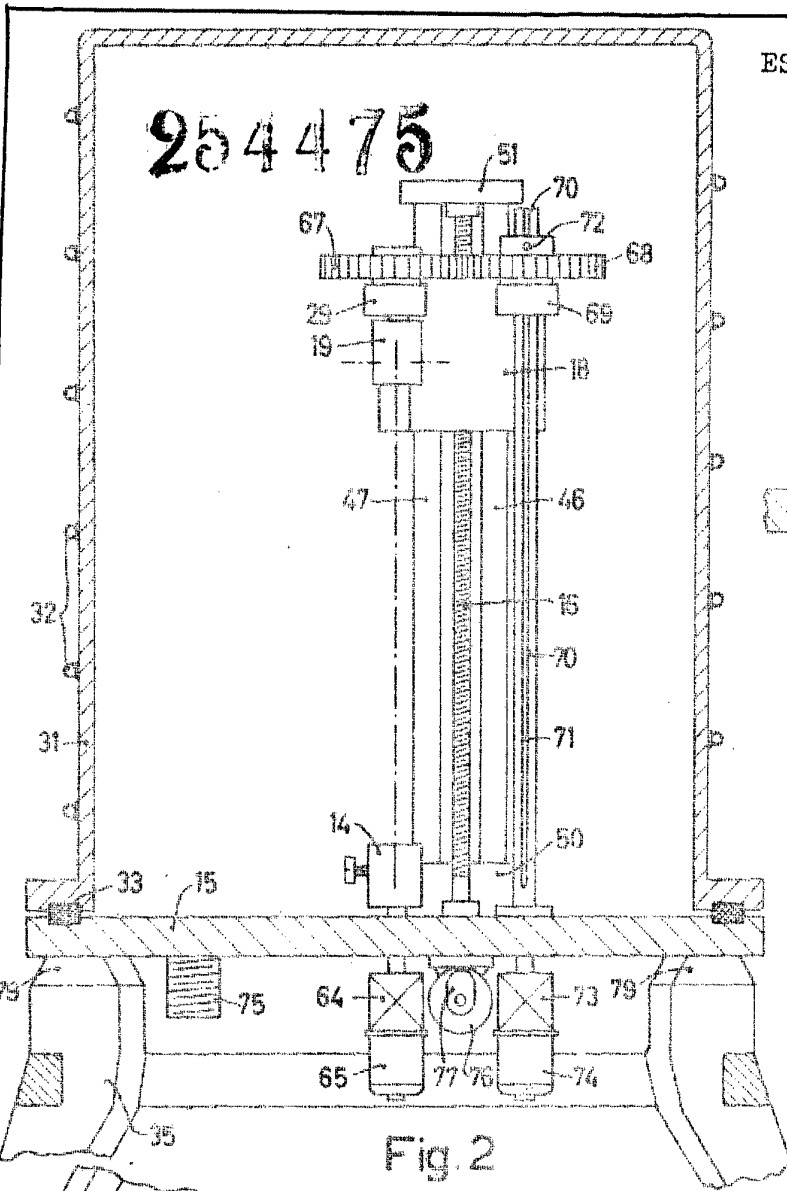


Fig. 2

ESCALA VARIABLE

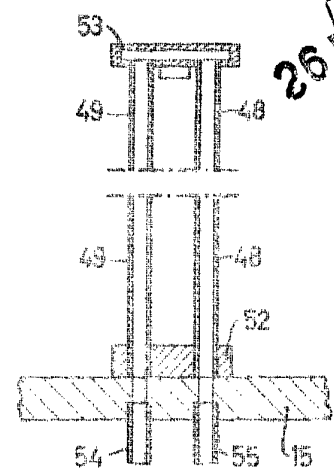


Fig. 6

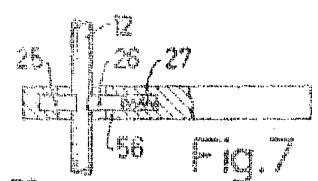


Fig. 7

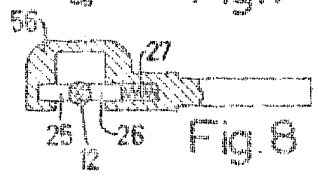


Fig. 8

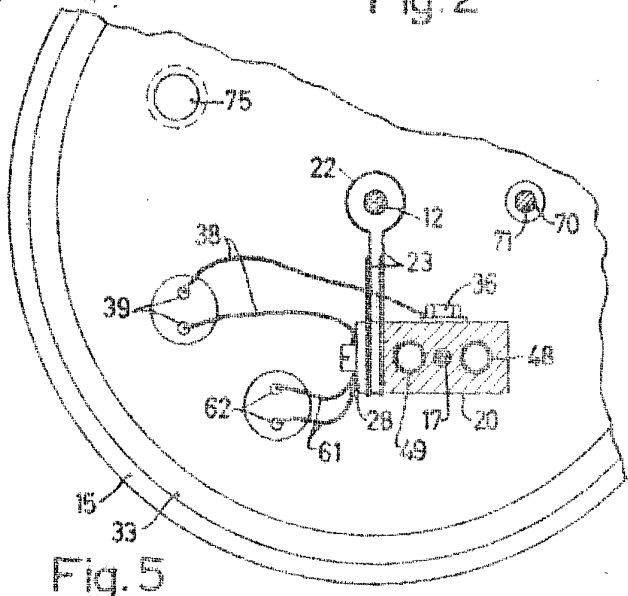


Fig. 5

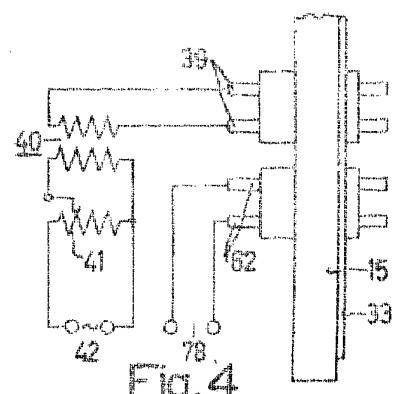


Fig. 4



Madrid,

26 DIC. 1902